NO. 4 Mar. 1955

BULLETIN OF TOHOKU REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY

東北海區水產研究所研究報告

第4號

JAN 1957
LIBRARY
POFI
FISH & WILDLIFE
SERVICE

水産廳
東北海區水產研究所
宮城縣塩釜市
昭和30年3月
TOHOKU REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY
SHIOGAMA, MIYAGI PREF., JAPAN

東北海區水産研究所 研究報告 第4號

正 誤 表

頁	場所	誤	正
著者	川合		
7	下から3行目	July. 31—	July 31—
11	脚註	zig zag	zigzag
12	7行目	W_1	W_1
16	第3表最左側	July. 1935	July 1935
24	下から2行目	從つて黑潮前線を	從つて黑潮前線は
32	第7圖左端目盛	36°, 38°, 40°, 42°,	35°, 37°, 39°, 41°,
40	第14圖左	38 ⊙	36 ⊙
著者	堀田		
79	第10表最左側3段目	月	3月
81	附表1行目	Intetin	Intestine
〃	〃 2行目	不明のカラレ	不明のカラ多し
122	第1圖凡例	1. 3.5 カメ	1～3.5 万貫
著者	奥田		
187	下から4行目	tow	two
188	上から4行目	(almost)	トル
217	上から5行目末		(Fig. 4) を入れる
〃	下から11行目末		(Table. 5 and Fig.8)を入れる
218	上から17行目末		(Table. b) を入れる
219	上から22行目	前の報告 (1)	前の報告 (18)
226	第2標題中	溶可性榮養塩	可溶性榮養塩
228	下から3行目	PO_4-P 約は 40日	PO_4-P は約 40日
233	上から1行目	貯藤した場合	貯藏した場合
著者	山村・武藤		
300	下から9行目	(Tab. 10)	(Tab. 8)
301	上から6行目	ピタミンA	ビタミンA
302	〃 5行目	アブラカレイ	アブラカレイ
311	下から4行目	關全	關係

東北海區水産研究所　研究報告　第4號

目　次

東北海區における極前線帶とその變動について(第1報)	川合英夫	1
東北海區に於けるカツオ魚群の漁獲水温に就いて	黑田隆哉	47
海區別カツオの食餌組成について	堀田秀之 小川達	62
日本西南海區に來游するカツオの移動および成長に就いて	川崎健	83
伊豆・小笠原および東北海區におけるカツオの移動および成長について	川崎健	101
日本近海に於けるマルソーダカツオの季節的分布とその成長	堀田秀之	120
底曳網漁獲量の群衆生態學的考察	甲二郎	127
東北海區に於ける底魚類の消化系と食性に就いて　第3報　アブラガレイ	三河正男	136
アブラガレイの年令査定に就いて	笠原康平	147
ヤナギムシガレイの年令に關する基礎的研究	橋本良平	156
サメガレイの生態學的研究　第1報　肥滿度・生殖腺重量の季節的變化に就いて	笠原康平	165
スルメイカ *Ommostrephes sloani pacificus* (Steenstrup) の成長度と產卵期に就いて	安井達夫 石戸芳男	173
機船底曳網の網目に依るキチヂ魚體長の選擇性	丸山潔 小瀧一三	180
松島灣の水產資源に關する基礎研究　第1報　松島灣の底質について	奥田泰造 佐藤省吾	187
松島灣の水產資源に關する基礎研究　第2報　松島灣の底棲生物群集	山本護太郎	208
內灣底土中の可溶性榮養塩について　第3報　底土に含まれている可溶性榮養塩の海水中への溶出に關する二・三の考察	奥田泰造	215
養殖海苔の色澤變化に關する研究　第1報　水溶性色素の變化について	佐野孝	243
乾燥・海水塩分・光線がアマノリ類の糸狀体(Conchocelis期)に及ぼす影響	黑木宗尙 平野和夫	262
アサクサノリの糸狀体の單胞子放出について　第2報　放出の日週期	黑木宗尙 平野和夫	279
乾ノリに關する研究　第1報　ノリの赤外線乾燥處理についての考察	梅本滋	283
岩手縣沿岸河川の水質について	佐野孝	294
アブラガレイのビタミンA含量の研究　第1報	山村彌六郎 武藤淸一郎	299

東北海區における極前線帶とその變動について（第1報）※

川　合　英　夫

ON THE POLAR FRONTAL ZONE AND ITS FLUCTUATION IN THE WATERS TO THE NORTHEAST OF JAPAN. (I)

(Manuscript received July 1954)

By

Hideo KAWAI

I. A Model of Hydrographic Conditions in the Vicinity of the Polar Frontal Zone

It is well known that extremely complicated hydrographic conditions are encountered in the waters to the northeast of Japan, where the subarctic water carried south by the cold Oyashio meets the warm water carried northeast by the Kuroshio. This contact zone has been called the polar front or the subarctic convergence. The stream axis of the Kuroshio Extension is recognized in all seasons of the year, in the neighbourhood of which a pronounced temperature gradient is observed even at the sea surface. Moreover another stream axis is recognized to the north of the Kuroshio Extension. Accordingly it is considered that the "Polar Frontal Zone" consists of two narrow bands of eastwardly flowing strong currents separated from each other. As the word "front" is considered synonymous with the pronounced pressure gradient the writer calls the southern narrow band of the strong current the "Kuroshio Front" and the northern the "Oyashio Front". The "Polar Frontal Zone" is a general term for these two Fronts. By two such Fronts the waters to the northeast of Japan are divided into three areas: the "Kuroshio Area", the "Transition Area" and the "Oyashio Area" (Figs. 1a, b, c & Fig. 2).

Fig. 2 shows the remarkable zonal structure in June 1952; along the Kuroshio Front the "warm core", the "inner cold zone" and the "outer cold zone" stretch from the continental shelf off Nozima-zaki (34°54′N, 139°52′E) to the meridian of 150°E. The warm core and the outer cold zone are obverse and reverse of a phenomenon. Just to the north of the Kuroshio Front there is the shear zone, where parasite eddies are induced. Accordingly the inner cold zone may be the train of these parasite eddies. Such a zonal structure is not always maintained. In the same way as the high tropospheric jet stream the "break-down" of the warm core is recognized.

The most complicated hydrographic conditions are encountered in the Transition Area, where numerous eddies are separated by sharp lines of demarcation just like

※東北海區水產研究所業績　第41號

a cellular system. Although we cannot observe the structure in detail by our present technique, yet it is obvious that after a conspicuous meandering of the Kuroshio Front the warm water mass W_1, which corresponds to the Kuroshio Branch, are cut-off by the cold water extended from the "Second Branch of the Oyashio" (Fig. 2).

II. Consideration of a Vertical Section along the Meridian of 144°20′E

(1) In the neighbourhood of each Front the current velocity can be calculated approximately from the equation of the geostrophic current neglecting the centrifugal force in the inertia term. However as he discusses only the relative velocity distribution, the differences of the vertical mean temperature between two adjacent stations along the meridian of 144°20′E are used instead of the geopotential gradient at the sea surface (Table 1). The southern maximum difference corresponds to the Kuroshio Front and the northern corresponds to the Oyashio Front. Furthermore calculating the differences of the surface temperature between two adjacent stations along the same section, we can find two boundaries with a pronounced temperature gradient at the surface in the neighbourhood of each Front in all seasons of the year (Table 2). In most cases the deviations of the surface boundary from each Front is not beyond 50 nautical miles, and it is not seen that the deviation in summer is greater than in other seasons (Table 3). In winter the surface temperature gradient shows the maximum value (Table 3).

(2) In the neighbourhood of the Polar Frontal Zone the mean values of each physical quantity at the fixed station have no physical meaning, even though we distinguish depth and season. Because the character of the water mass at the fixed station is different year after year by the dislocation of the Front. Accordingly he determines the relative position to each Front from the differences of the vertical mean temperature between two adjacent stations along the meridian of 144°20′E, and he calculates the following statistics such as the mean value and the variance etc. at that relative position which is not fixed on the charts.

(3) Drawing the *T-S* diagrams from the above mean temperature and salinity (Tables 4a, b & 5), the water masses along the meridian of 144°20′E are classified (Fig. 3). At the southern edge of the Kuroshio Front the water masses of 150–600 m depth in August, 300–600 m depth in November and 0–600 m depth in January-March are superposed nearly on a straight line in a *T-S* diagram, so that he defines the "Kuroshio Base Water" as shown in Fig. 4. Similarly at the northern edge of the Oyashio Front the water masses of 100–600 m depth in August, 200–500 m depth in November and 0–500 m depth in January-March are included in a narrow straight band in a *T-S* diagram, so that he defines the "Oyashio Base Water" as shown in Fig. 4. Below each Base Water there is the oxygen minimum layer of the Western North Pacific Ocean (Table 5). Except for the winter season the upper water with

high temperature and low salinity is seen above each Base Water.

(4) Variances of physical quantities at the southern and northern edges of each Front and mean differences of physical quantities between both edges of each Front along the meridian of 144°20′E are studied by connecting with the oceanographical structure. Summarizing the points, the variances in the depth range of 100–400 m at the edges of each Front facing the Transition Area have larger values than those facing the Kuroshio or the Oyashio Front (Table 6). The mean differences of physical quantities between both edges of the Kuroshio Front show vertically the maximum value in the depth range of 100–400 m, and those of the Oyashio Front show the maximum value above the depth of 100 m (Table 7).

(5) Notwithstanding the remarkable meandering of the stream line the law of parallel solenoidal field holds in the neighbourhood of each Front, so that he determines the representative isolines of each Front under consideration on the statistic "t" (Tables 8 & 9, Fig. 5). The greater is "t", the better coincidence is found between the representative isotherms and each Front (Fig. 6). The vertical distribution of the statistic "t" for the temperature shows the maximum value at a depth of 400 m on the Kuroshio Front, and at a depth of 50 m on the Oyashio Front. This applies correspondingly to the case of the chlorinity or σ_t (Fig. 5).

III. Fluctuations of the Hydrographic Conditions in the Vicinity of the Polar Frontal Zone

(1) When discussing the fluctuation of the hydrographic condition, the fundamental subject is how to describe the phenomenon. His opinion of this question is that we must describe the phenomenon considering the substantial structure of the hydrographic condition, and when lacking such a consideration the description has no physical meaning. In the following paragraph he describes the hydrographic conditions mainly referring to the Kuroshio Front or the Oyashio Front which has clearly a physical meaning.

(2) The position (north latitude) of each Front in a vertical section along the meridian of 144° 20′E is determined as shown in Table 1 for the period from 1935 to 1941. When the oceanographical observations along that meridian are lacking, the position of each Front is determined from the horizontal distributions of temperature at the subsurface layers or the geopotential topography of the sea surface. Fig. 7 shows the meridional oscillations of each Front along that meridian. The seasonal fluctuation of the Kuroshio Front is scarcely recognized, but a secular oscillation is obviously recognized. The secular variation of the surface water temperature observed in summer at three coastal stations (Hachijō-zima 33°06′N, 139°46′E; Nozima-zaki 34°54′N, 139°52′E; Shioya-zaki 37°00′N, 140°55′E) was investigated by Hatanaka (1952) and as a result there was revealed clearly a 4.5 years periodicity. This 4.5

years periodicity coincides with the meridional oscillation of the Kuroshio Front (Fig. 7), therefore the latter is the substance of the former phenomenon. As the Oyashio Front has a pronounced meandering and an irregular fluctuation, which is perhaps a part of the seasonal oscillation, the periodicity of the secular fluctuation is not evident.

(3) Fig. 9 shows the fluctuations of dimensions of the Kuroshio Area and Oyashio Area measured in the framed area(Fig. 8) in August. Here each Area is determined by drawing the representative isotherms of each Front at a depth of 100 m. Between both fluctuations of the dimensions we finde no immediate relation, in the same way as the relation between the dislocation of the Kuroshio Front and the Oyashio Front, because both fluctuations must be mediated by the Transition Area. On the other hand Fig. 10 shows the fluctuations of the warm and cold areas at the surface in the first decade of August. The dimensions of the warm area and the cold area at the surface is determined by the characteristic isotherms at the surface in August, namely —25°C & 20°C (Tables 3 & 8). Between Figs. 9 and 10 there is no proportional relation (Fig. 11). This fact corresponds to the hydrographic structure that there is a remarkable thermocline in summer in the neigbourhood of the Polar Frontal Zone, which is found in the depth range of 10-25 m in the northern part and in the depth range of 25-50 m in the southern part.

When the Oyashio Area is wide, a cool summer in the Northeastern Region of Japan frequently occurs. However there are exceptions such as the year of 1950 (Cf. the following paragraph).

(4) Fig. 12 shows the apparent spreading process of the warm surface water in the inshore area (Fig. 8) from June to the beginning of September and its relation to the air temperature at Sendai (38°16′N, 140°54′E) and the date of "Baiu-ake" (the passing of the rainy season in Japan). Using the Fig. 12 and other data he classifies the oceanographical season but for considerations of space the explanations are omitted in this synopsis. About the date of the passing of the rainy season (indicated by the open arrow or, when lacking, by the solid arrow in Fig. 12) a rapid spreading of the warm surface water towards the north begins. It is immediately related to this spreading velocity in July as to whether the warm area at the surface in August is wide or narrow. This apparent velocity is contactly related to the wind direction at Ishinomaki (38°26′N, 141°19′E) in July (Figs. 13 & 14), but it is not fully explained only as a result of the wind direction. In addition the gross anticylonic eddy (Fig. 15) must be considered for this spread of the warm surface water in summer.

(5) Table 10 shows the total volume transport across the meridian of 144°20′E. This transport is not smaller than that across a vertical section off Shiono-misaki (33°27′N, 135°46′E). Next the volume transport above the depth of 100 m in August is nearly proportional to the dislocation of the Kuroshio Front along the meridian of 144°20E (Figs. 10 & 7).

目　　次

I. 緒　　言

II. 極前線帶附近の海況模型

III. 釧路正南の斷面による考察

(1) 黒潮前線・親潮前線の位置と表面潮境の位置

(2) 各前線の兩端における各物理量についての統計的計算と海洋學的考察

(A) 各前線の兩端における各物理量の平均値....water mass の分類

(a) 黒潮根幹水・親潮根幹水

(b) 上　層　水

(c) 深　層　水

(B) 各前線の兩端における各物理量の分散

(C) 各前線の兩端における各物理量の平均差

(D) 各前線の中軸における各物理量の平均値と統計量 "t"....平行 solenoid 場の法則と前線の代表等量線

(a) 平行 solenoid 場の法則

(b) 代表等量線を選ぶ基準

(c) "t" の鉛直分布

(d) 代表等量線としての等溫線

IV. 極前線帶附近の海況變動

(1) 黒潮前線・親潮前線の南偏・北偏

(2) 8月における黒潮水域・親潮水域の面積の經年變化

(3) 夏季における表面水溫の變動

(A) 8月上旬における表層高溫域・表層低溫域の經年變化

(B) 夏季における表面等溫線の北上・南下と氣象要素との關係

(4) Volume transport と黒潮前線の南北偏との關係

V. 結　　語

VI. 要　　約

参 考 文 献

I. 緒　　言

戰後、東北海區における漁況と海況との關係についての研究は極めて少く、いわば行きづまり狀態に達している。その一原因として海洋そのものの實體的構造に對する認識が不充分であるので、これ以上漁況との關係を詳しく論ずることができないということも考えられる。特に極前線帶（この言葉の意味はIIにおいて説明する）附近の海況は空間的にも時間的にもその變動が甚だし

く、それについての研究の發展は海洋觀測技術の質的な發達にかかつている。戰前に實施された北太平洋北西部一齊調査の結果、東北海區の極前線帶附近の海況に對する智識は飛躍的に増大した(宇田，1935 a, b，1938 a, b; 須田，1936)。また戰後新式の測器を用いてメキシコ灣流域の大規模な調査が實施されたために、北大西洋北西部の極前線帶附近の海況はかなり細部まではつきりとしてきた（Iselin & Fuglister，1948; Fuglister, 1951a; Fuglister & Worthington, 1951)。ひるがえつて戰後の東北海區における海洋調査には殆んど質的な變化が見られないが、觀測點の分布についていえば、各官廳により實施された結果を綜合すると、比較的に短期間にかなりの量の觀測點が密に分布するような場合がしばしばある。

筆者はこれらの調査研究の結果を參考にして行つた研究結果をここに報告する。もちろん現在の觀測技術では小規模な現象については決定的なことがいえなく、その完全な究明は將來にまたねばならないが、黑潮前線（IIを參照）の周期的南北偏などの比較的に大規模な現象が實在することには、現在までの資料によつてもかなりの信頼性が與えられると考えられる。

本研究を行うに當り、いろいろと便宜をはかられ、また激勵していただいた當研究所長木村喜之助博士に對して心から御禮を申上げる。また海洋觀測に從事された各位、資料の整理を手傳われた內海滕雄君、製圖の一部を手傳われた森英夫君に厚く御禮を申上げる。最後に遠隔の地から筆者を激勵していただいた京都大學理學部防災科學研究所長速水頌一郎博士に對して深く御禮を申上げる。

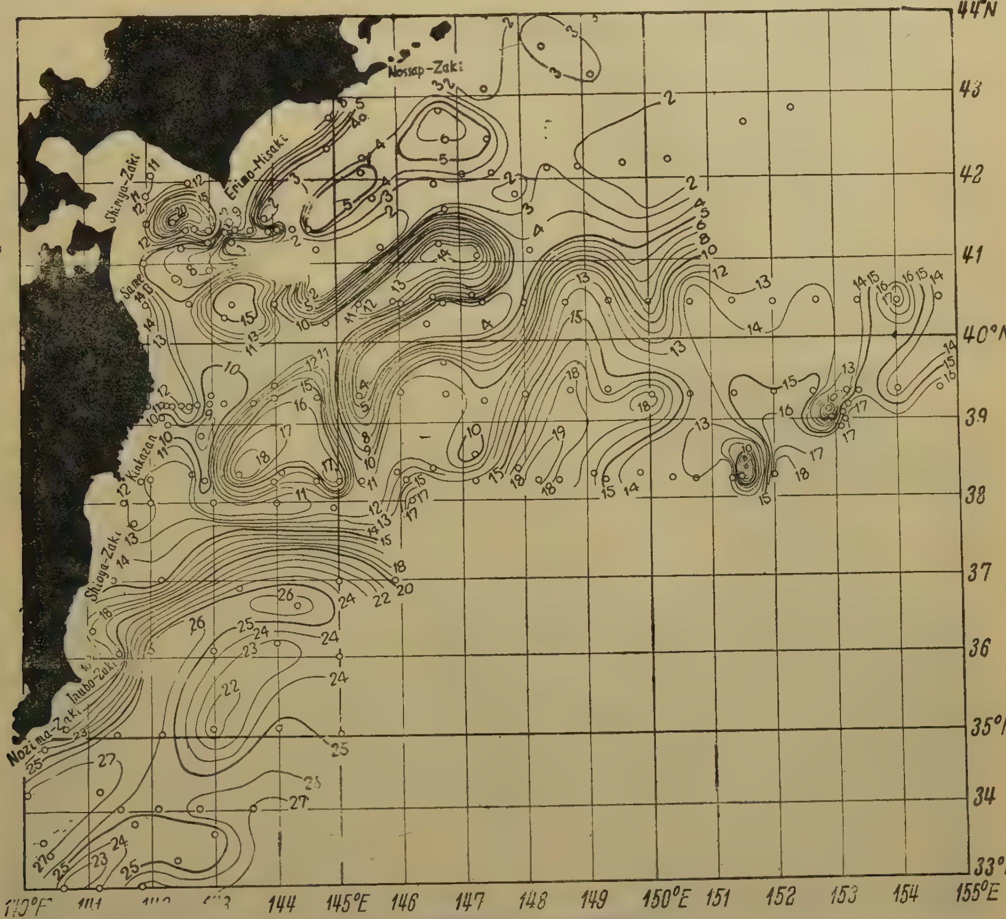
II.　極前線帶附近の海況模型

Georg Wüst（1929, 1930）は Challenger，Planet などの觀測資料から太平洋中央部及び西部の子午斷面圖を作り、初めて太平洋の海水の層重狀態を明らかにした。宇田（1929, 1933）はまた琉球海溝から日本海溝に臨む陸棚崖にほぼ沿つた南北縱斷面圖を作り、東北海區の極く近海の黑潮・親潮の層重狀態を明らかにした。岸人（1940）は駒橋，膠州，Dana，Discovery II, Carnegie などの觀測資料により太平洋西部斷面における海水の層重狀態を明らかにした。これらの縱斷面圖は主として中層水・深層水の大循環を調べるために作られたものであり、觀測點間隔もかなり大きく、同一斷面の各觀測點の時期もまちまちであるので、極前線帶の細部を調べるには不適當である。

これより先、1927 年の8月から9月にかけて、舊水路部測量艦滿州が東北海區の2縱斷觀測（野島崎近海～エトロフ島東500浬點附近•金華山近海～31°N, 153°E附近)を實施している（Shigematsu，1932)。この2斷面を詳しく見ると、第1の斷面の北部には親潮前線に相當する潮境が認められ、第2の斷面の南部に、黑潮前線に相當する潮境が認められる（黑潮前線・親潮前線の言葉の意味については後述する)。2前線が一斷面に同時に現われないのは觀測線が前線に平行に走るためである。しかも當時においては、これ以外の觀測が殆んど行われていないので、漠然と極

前線と呼れる不連續帶が東北海區にあるという程度のことしかわからなかつたものと考えられる。

東北海區の極前線帶附近の海況が一斷面によるのみでなく、比較的に短期間の觀測により、水平面的にも或程度詳しく明らかにされたのは 1933 年8月に實施された北太平洋北西部一齊調査以後であり、實にこの調査は東北海區の海況究明に一新紀元を劃することになつた。宇田（1935 a）



第 1 圖（a）1952 年8月における 50m 層等溫線．丸印は觀測點

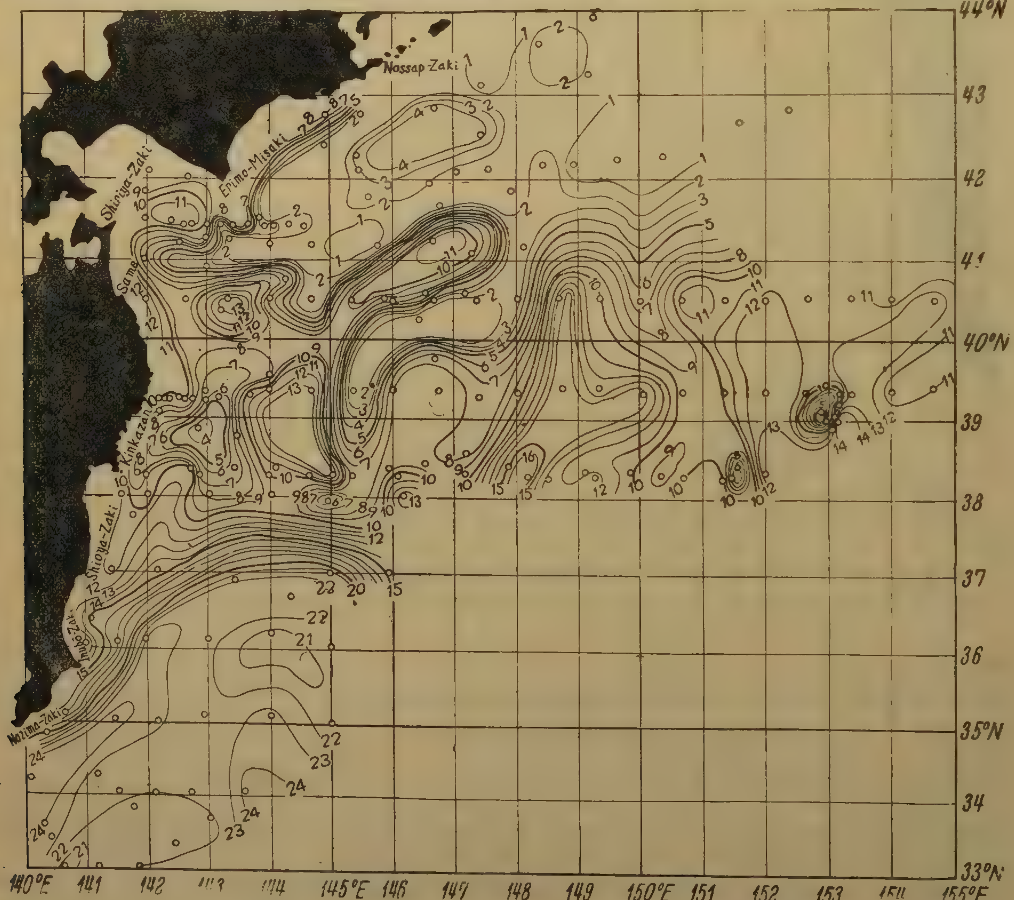
Fig. 1(a) Isotherms(°C) at a depth of 50m in Aug. 1952. Circles indicate stations of the oceanographical observations.

OBSERVATION SHIP	OFFICES ATTACHED TO	PERIOD
No. 5 Kaiyô-maru	Hydrographic Office, Maritime Safety Board	Aug. 4 – Aug. 20
Ukuru-maru Chikubu-maru	Central Meteorological Observatory	Aug. 2 – Aug. 14
Sôyô-maru	Fisheries Resarch Laboratory	
(1st voyage)		July. 31 – Aug. 7
(2nd voyage)		Aug. 16 – Aug. 19
No. 1 Seiyô-maru	Research Division, Fisheries Agency	Aug. 4 – Aug. 20
Hayachine-maru	Iwate Prefectural Fisheries Experimental Station	Aug. 14
Daitô-maru	Miyagi Prefectural Fisheries Experimental Station	Aug. 10 – Aug. 14
Iwaki-maru	Fukushima Prefectural Fisheries Experimental Station	Aug. 2 – Aug. 9
Ibaragi-maru	Ibaragi Prefectural Fisheries Experimental Station	Aug. 10 – Aug. 17
Kenyô-maru	Taiyô Fishing Co., Ltd.	Aug. 6 – Aug. 19

はこの資料に基いて日本近海の海流系について模式圖を與えているが、これは東北海區に2筋の東行强流帶があることを既に暗示しているものである。

須田（1936）はまた東北海區の表層では夏季に "polar front"〔北部〕と "secondary polar front"〔南部〕が存在し、後者は夏季の卓越風と黒潮本流の慣性により生じた流動についての不連續線であり、これを境界とする兩側の海水の物理的諸性質の差異は前者程著しくはないと述べ更に "secondary polar front" は50m層では "polar front" に近接し、150m層では全く消失してしまうと論じている〔"polar front" が深層では南に退き "secondary polar front" に一致するという意味であろう〕。

宇田（1938a）は日本近海の water mass とその境界及び潮目について論じ、東北海區には2筋の不連續線があることを圖示し、北部のものを "subarctic convergence"（亞寒帶收斂線）と呼んでいるが、南部のものに對しては名稱を與えていない。更に兩不連續線の間を "transition area" と呼び、〔黒潮と親潮の〕"mixed warm water" からなると述べている。また夏季には "亞寒帶收斂線" は150°E附近で千島列島に近接することを圖示している。宇田（1938b）はそ

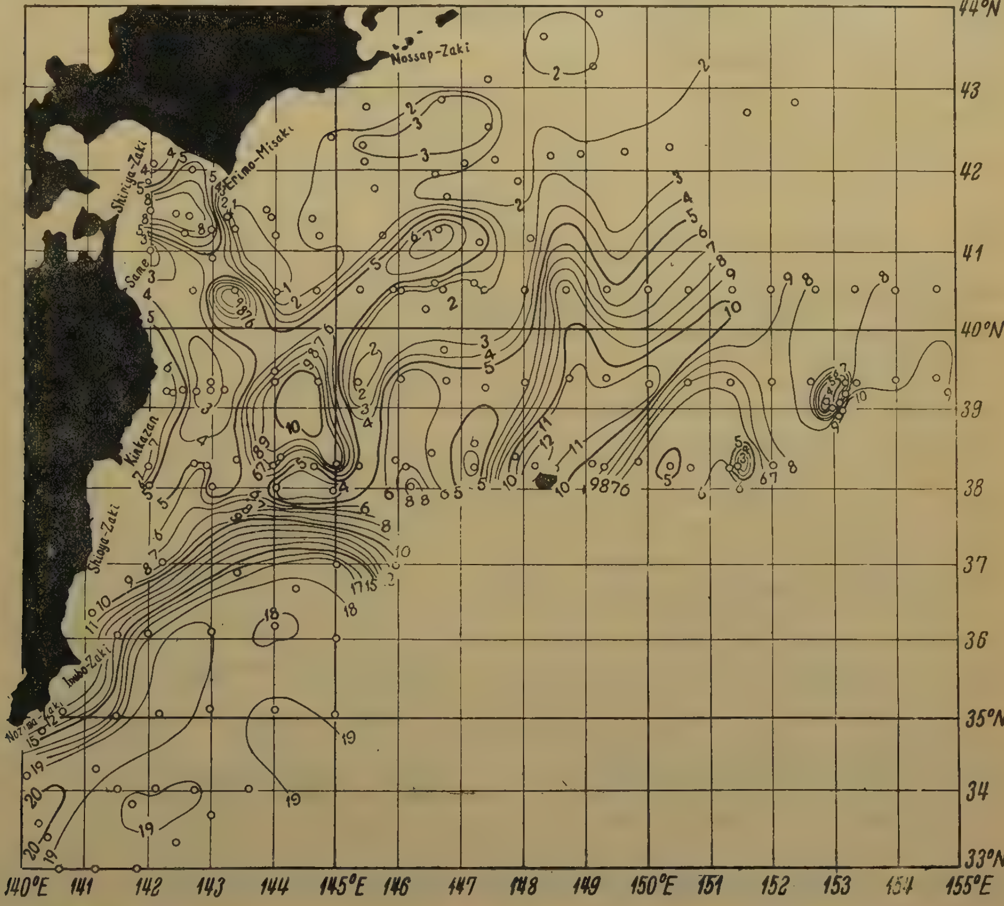


第1圖 (b) 1952年8月における100m層等溫線. 丸印は觀測點 Fig. 1(b) Isotherms(°C) at a depth of 100m in Aug. 1952. Circles indicate stations of the oceanographical observations.

の後の調査も加えて1935年から1937年までの釧路正南の斷面の流速を、海水密度の分布から計算し、2筋の東行强流帶がこの斷面内では**四季を通じて**存在することを認め、それらの季節的消長を論じ、その成因にも言及している。

最近のメキシコ灣流系についての調査の結果によれば、北大西洋の50°Wより西側には2筋の東行强流帶とやや弱い流速をもつた西流帶（反流域）とが交互に縞狀に分布して、いわゆる多重構造をなしていると報告された（Fuglister, 1951 a)。

筆者は戰後の東北海區における觀測資料の中で、その觀測點分布が戰前のものよりも比較的に密な（上層部のみ）時期のものについて取りまとめた結果、東北海區には2筋の著しい潮境が各層の水平溫度分布に一致して現われることを認めた。このような潮境が定常的に保たれていることは、著しい2筋の强流帶がそれに伴つていることを裏づけるものである。更にこれらの强流帶の最も流れの强い部分はかなり狹い幅のものであろうと豫想される。本報告には一例として1952年8月の50m, 100m, 200mの各層の水溫水平分布圖（第1圖a, b, c）及び1952年6月におけ



第1圖 (c) 1952年8月における200m層等溫線. 丸印は觀測點
Fig. 1(c) Isotherms(°C) at a depth of 200m in Aug. 1952. Circles indicate stations of the oceanographical observations.

る海況を基として作製した東北海區の海況模式圖（第2圖）を揭げておく。更に 1935 年から 1941 年に至る釧路正南の子午斷面の鉛直平均水溫について調べても、この2筋の東行强流帶が存在することは疑い得ない（III を參照）。

第2圖　極前線帶附近の海況模式圖（著しい帶狀構造が認められた1952年6月の場合）

C_N: 野島崎沖冷水塊

W_H: 北海道沖暖水塊

W_1, W_2, W_1', C_1, C_2……: 混合水域內の暖・冷水塊

$I.$-Cold Zone: 內側低溫帶

$O.$-Cold Zone: 外側低溫帶

Fig. 2　Schematic representation of the hydrograpic condition in the neighbourhood of the Polar Frontal Zone (with a conspicuous zonal structure in June 1952). Such a zonal structure is not always maintained.

C_N: The Cold Water Mass off Nozima-zaki (34° 54′ N, 139° 52′E).

W_H: The Warm Water Mass off Hokkaido.

W_1, W_2, W_1', C_1, C_2……: The warm and cold water masses in the Transition Area.

$I.$-Cold Zone: The Inner Cold Zone.

$O.$-Cold Zone: The Outer Cold Zone.

この强流帶を直角の方向に橫斷すると各種の物理的性質が水平方向に急變するので、前線と呼んでもよい。從つて筆者は2筋の强流帶の南側のものを**黑潮前線**（the Kuroshio Front），北側のものを**親潮前線**（the Oyashio Front）と名づけることにする（川合, 1953）。もともと前線という言葉は異種水塊の境界面である前面（frontal surface）が海の表面と交わる線を意味するが、このような海面における前線よりも、海面下の前面の激しい勾配（ここに激しいという言葉を使つたが、これは相對的な意味であり、數値的には傾角數十分の極めてゆるやかなものである）をもつ部分がより本質的であり、この上部に强流帶が存在するのである。黑潮前線・親潮前線はこのような意味をもつので、一平面上においてその位置を示すことができる。表面水溫に現われた潮境と、黑潮前線・親潮前線との關係については後述する（III を參照）。

親潮前線は"亞寒帶收斂線"（宇田, 1935 a, 1938 a），**いわゆる極前線と從來よばれているもののやや南側に位置する。**一體極前線という概念は大循環論に起源を發したものである。いうまでもなく子午斷面內の大循環として考えれば、對流圈と成層圈との境界面である圈界面が高緯度地方において上昇し、遂に海面と交わることによりできる交切線であるとされている（Wüst, 1929, 1930; Defant, 1929）。しかし後述するように、黑潮前線附近の表面水溫の水平傾度は親潮前線附近のそれと同程度であることなども考え合わせ、廣義に解釋して黑潮前線及び親潮前線の

總稱として**極前線帶**（the Polar Frontal Zone）を考えることにする。黑潮前線は“極”という語感に反して餘りにも低緯度にあることから、これを極前線帶に含めることには異論があるかも知れないが、氣象學における場合を考えれば、上のような語法も許されるであろう。

黑潮前線は黑潮本流（the Kuroshio Extension）（宇田，1935 a）の流軸に相當するもので、晩春から盛夏にかけて、このやや南側の部分の 200 m 以淺の層には warm core（Fuglister & Worthington, 1951）が帶狀にのびていることがある*1。それ以外の季節については資料が不充分であるため、はつきりしたことはいえない。しかし 1935 年 3 月の表面及び 1935 年 11 月の 100 m 層の水溫分布圖（宇田，1938 b の第 4 圖 a, b）には warm core が明らかに認められることから、warm core の存否は餘り季節に關係せぬものと推定される。また時によつては黑潮前線の北側に幅約 50 浬の帶狀低溫域が見られ、それとともに warm core の南側には相對的に低溫な部分が 200 m 以淺の層の溫度分布圖に現われる。從つて inner edge, outer edge（Fuglister & Worthington, 1951）に倣つて前者を**內側低溫帶**（the inner cold zone），後者を**外側低溫帶**（the outer cold zone）と呼ぶことにする。外側低溫帶は warm core と表裏一體をなすものであることはいうまでもない。また內側低溫帶は常に連續した帶狀を示すとは限らない。內側低溫帶が果して帶狀に連續しているかどうかについては、現在までの觀測資料によつては斷定できない。黑潮前線の直ぐ北側には、流速が飛躍的に減少する“shear zone”（Haurwitz & Panofsky, 1950）があり、この部分に生ずる“parasite eddy”（Spilhaus, 1940）により湧昇させられた冷水が、帶狀に並んで分布しているものかも知れない。1952 年 6 月にはこれらが極めてはつきりと現われており、從つて第 2 圖の模式圖は幾分特殊的なものかも知れない。以上のような現象から、黑潮前線はメキシコ灣流と同樣に、かなり鋭い jet stream（Rossby, 1951）を作つているものと豫想される。しかし今までの資料によつてみると、圖示したような著しい帶狀（zonal）構造を常にもつているとは考えられなく、高層大氣の jet stream に見られる**破懷**（break-down）現象が warm core にもあると考えられる（正野・岸保・笠原，1952; 正野，1953）。

親潮前線における流速は 1 ノット前後で黑潮前線の流速 3 ノット前後若しくはそれ以上に比べればかなり弱い。これは 300 m 以深の層の水溫分布には親潮前線に對應すべき潮境がはつきり現われないのに反して、黑潮前線に對應する潮境が 800 m 以深においても現われている事實を考えれば當然のことである。また親潮前線が南部に舌狀にとびだす部分、即ち**親潮第 1 分枝・親潮第 2 分枝**（第 2 圖）の先端では、各物理量の水平傾度はかなり小さくなるので、前線の存在は不明瞭の場合が多い。更に gradient current として考えれば、流線の曲率半徑が小さいために、著しい cyclonic な性質を帶びており、流速はますます弱まる筈である。これらのことについては、G. E. K. により詳しい調査を行わなければ、現在の資料では確實なことがいえない。また津輕暖

---

*1　1953 年 7 月に、筆者は蒼鷹丸に乘船して黑潮前線を觀測點間隔 20 浬前後で、zig zag に W 字型に横斷調査することにより、warm core を 147°E 附近まで追跡した。この結果はあらためて報告する。

流（秦，1953）は親潮前線の形成に大きい役割を演じているものと考えられる。

以上に述べてきた2前線により東北海區を3水域に分け、南から順に**黒潮水域**（the Kuroshio Area），**混合水域**（the Transition Area），**親潮水域**（the Oyashio Area）と呼ぶことにする（第2圖）。混合水域には黒潮系水と親潮系水とが各種の割合で混合して、しかも大氣と接觸することにより變性した2次性の水塊を生じ、これが小規模な前線を境界として細胞狀にいり亂れて分布しているものと豫想されるが、現今の觀測技術では仲々その實體を摑み難い。しかし第2圖の W_1 水塊などは前線の一時的な著しい彎曲の結果、その東側からいりこむ冷水（親潮第2分枝の延長）により**切離**（cut-off）されたものであり、この場合には明らかに閉じた時計廻りの渦を形成している。これは黒潮分派（the Kuroshio Branch）（宇田，1935 a）に相當するものである。黒潮水域・親潮水域の中にも孤立冷水塊・孤立暖水塊が閉じた渦の形でしばしば存在している。第2圖に示した C_N（**野島崎沖冷水塊**）及び W_H（**北海道沖暖水塊**）がそれぞれこれに相當する。しかし混合水域に比べればその海況は單調である。

黒潮前線・親潮前線がどのくらいの沖合まで存在するかということについては、後日あらためて論じたい。親潮前線は近海よりもむしろやや沖合において鮮明になるものと考えられる。

III. 釧路正南の斷面による考察

（1） 黒潮前線・親潮前線の位置と表面潮境の位置

次に調査船蒼鷹丸により1935年から1941年まで實施された釧路正南の觀測資料（水產試驗場海洋調査要報）により、各前線がこの子午線と交わる位置（緯度）を決定する。今釧路を原點にとり南向きに正の x 軸、東向きに正の y 軸をもつ座標系を考えると、x 軸は釧路正南の觀測線に一致する。强流帶を考えるのであるから geostrophic current と假定してよい。もちろん東北海區のような流線の曲率が大きい所では、從來行われているように inertia term の中に含まれる遠心力の項を無視することは適切でなく、gradient current を考えなければならない。しかしここでは單に相對的な東行流の强弱のみを問題とするのであるから、遠心力を考えないことにする。從つて表面流の東向成分 v_s は次のように示される：

$$v_s = \frac{1}{\lambda}\frac{\partial\Omega}{\partial x},$$

ここに Ω は海面の geopotential, λ は Coriolis の係數を表わす。今充分に深い h decibar から海面までの鉛直平均水溫[*2]

---

*2 實際の數値計算は次式による

$$\overline{T}=\frac{1}{7}(T_0+T_{100}+T_{200}+T_{300}+T_{400}+T_{500}+T_{600})：8月，11月$$

$$\overline{T}=\frac{1}{4}(T_0+T_{200}+T_{400}+T_{600})：1月\sim3月$$

黒潮前線の北側では600 m層を基準面としても，さしつかえがないが，黒潮前線の南側では本來ならば1000 m以深の層を考えるべきである。

$$\overline{T} \equiv \frac{\int_0^h T\,dp}{h}$$

を考えると、海水の比容 α は水温 T にほぼ比例して變化し、

$$\Omega \doteqdot \int_0^h \alpha\,dp$$

であるから、Ω は T に比例する。從つて ,

$$v_s \propto \frac{\partial \overline{T}}{\partial x}, \qquad \therefore \int_{x_1}^{x_2} v_s dx \propto \overline{T}_{x_2} - \overline{T}_{x_1} \equiv \varDelta \overline{T},$$

ここに $\varDelta \overline{T}$ は鉛直平均水溫の2觀測點間の差である。觀測點間隔は大體50浬であるから、强流帶として $\varDelta \overline{T}$ の最大値のところをとればよい。2觀測點間の volume transport 最大の箇所を强流帶として考えた方がより良いかも知れないが、計算が繁雜なことと、深さによつて强流帶の位置が南北にそれ程ずれないと考えられるので、表面流で强流帶の位置を定めることにする。

第1表には $\varDelta \overline{T}$ の値を示した。符號が負になるものは西行流に對應するが、ここでは東行强流帶について考えているのであるから、符號が正のものについてのみ着目すればよい。各季節に $\varDelta \overline{T}$ の max. が南方に1箇所、submax. が北方に1箇所現われている。前者が黑潮前線に、後者が親潮前線にそれぞれ相當する。稀に max. が3箇所に出現することもあるが、この時には中央にあるものは前線が不規則に彎曲して釧路正南線に再び交わつたものか、或は混合水域内の孤立暖水塊を包む前線の北側の部分かの何れかに相當すると考え、ここでは無視することにする。

以上のようにして前線の中心部の位置は定まつたが、次節において各前線の兩端附近における各物理量の平均値を論ずる必要上、$\varDelta \overline{T}$ が隣接して大きい値を示す所は一定の基準（次の小活字を參照）に從つて併合した（第1表で太字を以て示した。また前線の中心部をアンダーラインで示した）。今後の論議を進めるための便宜上、上のような併合を行つて得た各前線の兩側の位置を南から順に次のように呼ぶことにする：

黑潮前線の南端及び北端

親潮前線の南端及び北端

これは嚴密な“端”（edge）を意味するのではなく、强流帶の中心部における流速に比べてかなり弱い流速（約10％以下）を示す所という意味である。このことは前線の南端・北端をきめた併合の基準について考えれば明らかである。

併合の基準　第1表において $\varDelta \overline{T}$ の max.（各前線の中心部）に隣接してその値の10％前後の $\varDelta \overline{T}$ がある時には、原則として2間隔（約100浬）まで併合した。但し親潮前線の南側が黑潮前線の北側に一致するような場合には、1間隔（約50浬）だけ兩者が離れるように併合した。1938年8月の黑潮前線と、1935年8月の親潮前線では2間隔を併合してもかなり大きい $\varDelta \overline{T}$（>1.6）が尙隣接しているので3間隔まで併合した。

例外として1941年8月の黑潮前線では、ΔT=7.90自身がかなり大きい數値をもつているため、また1937年8月の親潮前線では隣接するΔT=0.40がかなり小さい數値であるために併合しなかつた。これらの例外を設けた別の理由は後述する前線の兩端における水溫値の分散を小さくしようとしたためであるが、このような例外を設けなくても分散はそれ程大きくはならない。

第1表　釧路正南 (144°20′E) における相隣る2觀測點間の鉛直平均水溫差及び黑潮前線・親潮前線の位置(太字の部分)

Table 1 Differences of the vertical mean temperatures between two adjacent stations along the meridian of 144°20′E (south off Kushiro) and positions of the Kuroshio Front and Oyashio Front (denoted by Bold Face Type)

No. of st.	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
North latitude	34°35′	35°25′	36°15′	37°05′	37°55′	38°45′	39°35′	40°25′	41°15′	41°40′	42°05′	42°30′

Distance between adjacent sts. (nautical mile)	50	50	50	50	50	50	50	50	25	25	25
Feb. 1935	0.55	**1.68**	**7.22**	1.12	−1.28	**2.98**	−0.52	−1.02	—	—	—
Mar.	−0.22	**3.20**	**6.05**	0.52	−1.15	0.75	−0.18	**3.98**	0.32	−2.35	1.50
Jan. 1936	0.80	**2.85**	**6.88**	−2.20	**4.12**	**1.40**	−0.48	0.40	−0.18	0.10	0.90
Feb.	−0.12	**4.72**	**3.72**	0.62	**3.20**	**0.48**	−1.08	0.78	−0.35	1.20	0.02
Mar.	−0.05	**1.92**	**7.35**	−1.38	1.85	−0.65	**1.48**	**2.30**	0.42	0.12	0.10
Jan. 1937	0.60	**2.10**	**5.68**	1.25	1.78	0.92	−1.48	**3. 3 8**		0.08	−0.30
Feb.	0.55	0.58	—	—	−0.20	3.00	−2.02	—	—	—	—
Mar.	−0.12	0.25	**6.55**	**1.08**	−0.18	—	—	—	0.05	0.08	0.50
Jan. 1938	0.20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.35
Feb.	—	—	—	**7.38**	**3.12**	—	—	—	—	—	−0.38
Mar.	0.45	−1.10	**4.80**	**5.30**	0.58	**0.72**	**1.48**	−0.42	1.20	0.12	0.70
July 1935	0.49	**0.67**	**7.09**	−0.55	**2.83**	**0.47**	**1.60**	0.26	0.20	−0.14	0.51
Aug. 1936	0.26	**2.70**	**6.80**	−0.31	0.57	0.36	−2.45	**6.07**	−0.14	−0.50	0.57
1937	−0.20	−0.30	0.83	**8.64**	0.50	0.19	−0.32	0.40	**2.36**	−0.27	−0.64
1938	−2.98	−1.70	**1.66**	**2.83**	**3.97**	1.49	0.93	−1.00	**2.61**	0.11	0.12
1939	−1.31	−0.03	0.43	**4.91**	**2.43**	0.09	**3.38**	−0.08	0.02	0.72	0.44
1940	—	**7.10**	**1.46**	−0.57	1.80	−3.36	**5.64**	−0.52	0.11	−0.07	0.54
1941	−5.20	1.13	**7.90**	1.35	−0.30	−0.54	**3.03**	−0.29	0.22	0.05	−0.28
Nov. 1935	1.67	−0.56	**8.19**	0.31	2.79	−5.86	**5.73**	0.51	0.57	−0.64	0.27
1936	0.19	0.87	**9.29**	0.90	0.23	−1.52	—	—	0.64	—	—
1937	—	—	—	—	—	—	—	−0.16	0.03	−0.77	−0.23
1938	0.80	2.48	−1.22	**1.04**	**7.68**	—	—	**3.68**	**2.38**	0.50	−1.19
1939	−0.66	−0.13	0.69	—	—	—	—	—	0.31	—	—
1940	−0.27	−0.78	—	—	—	−0.57	0.32	**2.15**	**2.08**	−0.15	−0.05

符號マイナスは北側の觀測點における鉛直平均水溫差が南側におけるものより高いことを示す。

アンダーラインは前線の中心部を示す。

The sign minus signifies that the vertical mean temp. at the northern st. is higher than that at the southern.

Underline signifies the central part of the Front.

第２表　釧路正南における相隣る２觀測点間の表面水温差及び表面における潮境の位置（太字の部分）

Table 2 Differences of the surface temps. between two adjacent sts. along the meridian of 144°20′E and the positions of "Shiozakai" (the boundary between water masses) at the surface (denoted by Bold Face Type)

No. of st.	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
North latitude	34°35′	35°25′	36°15′	37°05′	37°55′	38°45′	39°35′	40°25′	41°15′	41°40′	42°05′	42°30′

Distance between adjacent sts. (nautical mie)	50	50	50	50	50	50	50	50	25	25	25
Feb. 1935	0.5	−0.6	**8.5**	0.6	−2.1	**7.2**	−1.8	−1.1	2.2	—	—
Mar.	−0.7	0.9	**5.5**	0.4	−0.8	0.9	−0.7	**8.8**	−0.6	−3.7	2.1
Jan. 1936	0.1	−0.2	**6.6**	−1.1	**6.7**	2.2	−0.3	0.5	−0.5	0.6	1.6
Feb.	−0.8	0.1	**6.3**	0.0	**6.4**	2.0	−4.2	3.3	−1.0	2.4	0.2
Mar.	−0.9	0.0	**6.8**	−3.7	4.8	−1.5	4.5	**4.9**	0.7	0.3	1.0
Jan. 1937	0.4	−0.4	**4.1**	1.1	4.7	3.0	−3.8	0.7	**6.5**	0.5	−0.5
Feb.	0.2	−0.4	**6.8**	−2.8	1.4	5.3	−0.9	**6.9**	−2.0	1.1	0.8
Mar.	−0.8	−1.1	0.8	**4.3**	−1.2	**10.6**	2.2	−0.4	0.1	0.4	0.3
Jan. 1938	0.6	−0.3	−0.1	**7.6**	−0.6	2.6	2.3	−1.1	−1.9	**3.5**	3.1
Feb.	0.1	0.9	−1.4	3.8	**6.6**	−2.0	**3.1**	2.1	1.6	−0.3	1.8
Mar.	−0.1	−1.2	0.6	**4.5**	4.0	0.8	**4.6**	−1.4	2.3	0.7	2.4
July 1935	0.5	−0.1	1.5	**2.4**	1.6	−0.5	**3.3**	1.3	1.9	−1.3	1.2
Aug. 1936	0.2	0.8	**3.2**	−0.2	1.1	3.4	−0.5	**6.4**	−1.7	−0.4	2.5
1937	−0.3	−0.2	−0.5	**2.6**	1.0	0.8	−0.2	0.5	**1.4**	0.3	−0.9
1938	−0.1	−0.3	−0.1	−0.4	**2.5**	0.7	0.4	0.1	**4.6**	0.7	0.7
1939	0.0	−0.1	−0.7	**2.8**	−0.1	1.1	**3.8**	−1.0	0.8	1.2	2.5
1940	0.1	−0.3	**3.1**	−0.5	1.0	0.2	**3.4**	−0.4	−0.5	0.3	1.7
1941	0.4	−0.3	**4.9**	2.2	0.2	0.1	**3.3**	−0.3	0.0	0.7	0.1
Nov. 1935	0.3	−0.4	**4.9**	−0.4	2.5	−1.7	**2.4**	0.8	1.2	−0.1	1.5
1936	−0.2	−0.5	**6.3**	1.5	0.1	0.6	0.0	**5.3**	−0.1	—	—
1937	0.9	−0.5	−0.5	1.5	**3.5**	0.6	**4.3**	0.2	−0.3	−1.1	1.2
1938	0.5	−0.6	0.7	−0.1	**5.9**	−0.1	−2.0	1.2	**2.8**	0.1	−0.2
1939	0.5	−0.6	−0.2	**1.9**	1.0	**6.2**	−0.3	2.5	−0.8	0.0	4.2
1940	0.2	−0.3	1.8	**3.6**	−0.2	0.2	1.9	**2.9**	2.2	−0.5	−0.3

次に釧路正南の同じ觀測資料によつて表面における潮境の位置を求める。第２表には隣接する２觀測點間の表面水温差を示し、太字でその max. または submax. の値を表わした。第１表の場合と同様に負の符號の値は考えないことにすると、この觀測線においては、やはり**著しい表面潮境が２箇所に存在する**ことがわかり、それぞれ黒潮前線・親潮前線に一致するか、またはそのやや北方にずれた位置に現われている。

第３表には季節別に、表面潮境の兩側の表面水温値とその差及び平均値を示す。また第１表と第２表とを比べることによつて、表面潮境が各前線よりずれる距離を示した。更に兩側の平均水

第3表　釧路正南における表面潮境（その位置は第2表に示してある）**の兩側の表面水温値及び表面潮境の各前線からのずれ**

Table 3　Surface temps. at both sides of each surface boundary, positions of which are denoted in table 2, and deviations of the surface boundary from each Front along the meridian of 144°20′E

Date	Near The Kuroshio Front: Surtace temps. at both sides (°C)		Difference (°C)	Deviation from Front (mile)	Near The Oyashio Front: Surtace temps. at both sides (°C)		Difference (°C)	Deviation from Front (mile)
Feb. 1935	17.3	8.8	8.5	< 50	10.3	3.1	7.2	< 50
Mar.	16.3	10.8	5.5	< 50	11.0	2.2	8.8	< 50
Jan. 1936	17.5	10.9	6.6	< 50	12.0	5.3	6.7	< 50
Feb.	16.4	10.1	6.3	<100	10.1	3.7	6.4	< 50
Mar.	16.4	9.6	6.8	< 50	5.5	0.6	4.9	< 50
Jan. 1937	18.4	14.3	4.1	< 50	9.6	3.1	6.5	——
Feb.	18.0	11.2	6.8	——	8.2	1.3	6.9	——
Mar.	17.5	13.2	4.3	<100	14.4	3.8	10.6	——
Jan. 1938	18.0	10.4	7.6	——	9.1	5.6	3.5	——
Feb.	13.3	6.7	6.6	<100	8.7	5.6	3.1	——
Mar.	17.4	12.9	4.5	< 50	8.1	3.5	4.6	< 50
Mean	**17.0**	**10.8**	**6.2**		**9.7**	**3.4**	**6.3**	
Mid-value	**13.9**				**6.6**			
July. 1935	23.1	20.7	2.4	<100	19.6	16.3	3.3	<150
Aug. 1936	26.5	23.3	3.2	< 50	19.5	13.1	6.4	< 50
1937	27.4	24.8	2.6	< 50	22.7	21.3	1.4	< 25
1938	26.5	24.0	2.5	< 50	22.8	18.2	4.6	< 25
1939	27.0	24.2	2.8	< 50	23.2	19.4	3.8	< 50
1940	25.7	22.6	3.1	<100	21.9	18.5	3.4	< 50
1941	26.5	21.6	4.9	< 50	19.1	15.8	3.3	< 50
Mean	**26.1**	**23.0**	**3.1**		**21.3**	**17.5**	**3.8**	
Mid-value	**24.6**				**19.4**			
Nov. 1935	22.3	17.4	4.9	< 50	17.0	14.6	2.4	< 50
1936	23.2	16.9	6.3	< 50	14.7	9.4	5.3	——
1937	21.0	17.5	3.5	——	16.9	12.6	4.3	——
1938	22.7	16.8	5.9	< 50	17.7	14.9	2.8	< 75
1939	23.4	21.5	1.9	——	20.5	14.3	6.2	——
1940	20.6	17.0	3.6	——	15.1	12.2	2.9	< 50
Mean	**22.2**	**17.8**	**4.4**		**17.0**	**13.0**	**4.0**	
Mid-value	**20.0**				**15.0**			

溫値の中央値を求めておいた（III（2）を參照）。これらを見ると次のことがわかる。

表面潮境が各前線よりずれる距離は大部分 50 浬以下である。觀測點間隔は大體 50 浬であるから、これ以上細かいずれを論ずることはできないが、一般には若干北側にずれるものらしい（Fuglister & Worthington, 1951）。特に夏にだけずれ方が著しいということは、1935 年から 1941 年までの資料には認められない（IV（3）（A）を參照）。

表面潮境における水溫値は季節によりもちろん異なり、夏と冬とでは 10°C 以上の差がある。そればかりでなく、同じ季節でも年々かなり大きい變動があり、夏に東北海區の表面水溫が高い年には、その時の潮境の水溫も高く、低い年には潮境の水溫も低い（IV を參照）。

表面潮境における表面水溫の南北傾度について見ると、北部（親潮前線の近傍）におけるものと南部(黑潮前線の近傍)におけるものとの間には有意な差が認められない。然し季節的には各潮境ともに、**冬**には南北傾度が著しく、平均として **50 浬につき 6°C** を幾分上まわり、**秋と夏**には南北傾度が小さく、平均としてそれぞれ **50 浬につき 4°C** を上または下まわる。

(2) 各前線の兩端における各物理量についての統計的計算と海洋學的考察

或一固定點ついて各海況要素の平均値などを計算することは、たとえそれらの計算が季節別・深度別に行われたとしても、東北海區のような潮境の發達した所では、潮境の位置が年々少しでもずれると、性質の異なつた water mass の水溫・塩素量などの値を平均することになり、意味がはつきりしない。そこで筆者は前節（III (1)）の結果を應用して、次のような等質化の操作

第 4 表 (a) 各前線の南端（細字）および北端（太字）における物理量の平均値

Table 4 (a) Means of physical quantities at southern (Roman Type) and northern (Bold Face Type) edges of each Front

Depth (m)	Temperature (°C)						Cl (‰)						σ_t					
	Kuroshio Front			Oyashio Front			Kuroshio Front			Oyashio Front			Kuroshio Front			Oyashio Front		
	Jan. ~ Mar.	Aug.	Nov.	Jan. ~ Mar.	Aug.	Nov.	Jan. ~ Mar.	Aug.	Nov.	Jan. ~ Mar.	Aug.	Nov.	Jan. ~ Mar.	Aug.	Nov.	Jan. ~ Mar.	Aug.	Nov.
0	17.3	26.3	22.7	10.4	21.4	17.0	19.27	19.08	19.13	18.92	18.66	19.01	25.32	22.55	23.70	26.27	23.42	25.03
	10.8	**23.4**	**17.0**	**2.5**	**17.5**	**13.2**	**18.97**	**18.64**	**18.73**	**.38**	**.17**	**18.52**	**26.26**	**.84**	**24.63**	**.52**	**.75**	**.19**
10	—	26.2	22.7	—	21.0	17.0	—	19.07	19.10	—	.68	19.02	—	.57	23.67	—	.57	.04
	—	**22.9**	**17.0**	—	**16.5**	**13.1**	—	**18.68**	**18.73**	—	**.17**	**18.53**	—	**23.04**	**24.65**	—	**.98**	**.21**
25	17.4	25.2	22.7	10.4	17.2	16.9	19.26	19.11	19.09	.93	.85	19.02	25.28	22.96	23.66	.28	24.75	.07
	10.7	**17.7**	**16.5**	**2.4**	**9.6**	**13.1**	**18.96**	**18.90**	**18.69**	**.40**	**.25**	**18.54**	**26.26**	**24.72**	**24.70**	**.56**	**25.46**	**.23**
50	17.4	22.3	22.6	10.4	12.9	16.9	19.25	19.20	19.10	.94	.94	19.02	25.27	23.91	23.70	.29	.81	.08
	10.2	**14.1**	**15.9**	**2.4**	**3.1**	**10.9**	**18.90**	**19.01**	**18.65**	**.42**	**.31**	**18.50**	**26.28**	**25.67**	**24.78**	**.58**	**26.37**	**.59**
100	17.2	19.3	21.3	9.3	10.7	15.4	19.25	19.29	19.19	.85	.97	19.02	25.31	24.85	24.16	.34	.28	.40
	8.9	**11.0**	**12.4**	**2.4**	**1.7**	**9.1**	**18.81**	**18.98**	**18.88**	**.47**	**.37**	**18.57**	**26.38**	**26.25**	**25.84**	**.65**	**.57**	**.98**
150	—	17.9	19.8	—	10.1	14.4	—	19.28	19.25	—	.93	19.10	—	25.18	24.67	—	.32	.75
	—	**8.8**	**9.7**	—	**1.9**	**4.4**	—	**18.90**	**18.84**	—	**.47**	**18.58**	—	**26.51**	**26.27**	—	**.70**	**26.63**
200	16.8	17.0	18.1	7.3	9.5	13.1	19.24	19.25	19.16	.74	.93	19.08	25.39	25.35	24.98	.51	.43	25.98
	6.7	**6.8**	**6.4**	**2.6**	**2.0**	**3.1**	18.78	**18.81**	**18.76**	**.56**	**.50**	**18.59**	**26.63**	**26.67**	**26.65**	**.78**	**.73**	**26.77**
300	—	16.1	16.0	—	6.4	10.7	—	19.23	19.22	—	.76	18.99	—	25.55	25.55	—	.66	26.30
	—	**5.3**	**4.6**	—	**2.5**	**3.3**	—	**18.85**	**18.75**	—	**.64**	**.70**	—	**26.92**	**26.85**	—	**.90**	**.92**
400	15.6	14.8	14.2	4.3	4.7	9.2	19.21	19.16	19.16	.76	.69	.91	25.63	25.73	25.88	.90	.75	.45
	4.4	**4.3**	**4.2**	2.8	**2.7**	**3.4**	**18.84**	**18.85**	**18.74**	**.74**	**.71**	**.75**	**27.02**	**27.02**	**26.88**	**27.02**	**.98**	**98**
500	—	12.8	12.2	—	3.9	6.5	—	19.12	19.11	—	.73	.78	—	26.09	26.21	—	.90	.67
	—	**4.1**	**3.8**	—	**2.9**	**3.7**	—	**18.90**	**18.93**	—	**.77**	**.85**	—	**27.11**	**27.18**	—	**27.05**	**27.08**
600	12.3	10.3	8.9	3.6	3.7	5.0	19.09	19.01	18.95	.87	.78	.78	26.15	26.40	26.55	.12	26.99	26.86
	3.8	**3.7**	**3.9**	**3.0**	**3.0**	**3.7**	**18.94**	**18.94**	**18.91**	**.90**	**.85**	**.88**	**27.20**	**27.22**	**27.16**	**.22**	**27.15**	**27.13**
No. of Obs. (n)	9	7	3	7	7	3	9	7	3	7	7	3	9	7	3	7	7	3

第4表（b）各前線の南端（細字）および北端（太字）における物理量の平均値
Table 4 (b)　Means of physical quantities at southern (Roman Type) and northern (Bold Face Type) edges of each Front.

		Kuroshio Front			Oyashio Front		
		Jan. ～ Mar.	Aug.	Nov.	Jan. ～ Mar.	Aug.	Nov.
$\overline{T}^0_{600}$ (°C)	Southern	15.5	16.7	16.2	6.4	8.6	11.0
	Northern	**6.4**	**8.4**	**7.5**	**2.7**	**4.6**	**5.6**
	Mid-value	11.0	15.5	11.8	4.6	6.6	8.3
$\overline{T}^0_{200}$ (°C)	Southern	17.1	20.6	20.9	9.0	12.9	15.4
	Northern	8.8	**12.8**	**12.3**	**2.5**	**5.2**	8.1
	Mid-value	13.0	16.7	16.6	5.7	9.1	11.7
D^0_{600} (dyn. m)	Southern	584.28	584.41	584.45	583.61	583.78	583.97
	Northern	**583.57**	**583.66**	**583.71**	**.49**	**.59**	**.63**
	Mid-value	583.92	584.03	584.08	.55	.68	.80
D^{100}_{600} (dyn. m)	Southern	486.76	486.74	486.80	486.20	486.27	486.44
	Northern	**.15**	**.14**	**.17**	**.10**	**.12**	**.14**
	Mid-value	.46	.44	.49	.15	.19	.29

$\overline{T}^0_{600}=(T_0+T_{100}+T_{200}+T_{300}+\cdots\cdots+T_{500}+T_{600})/7$ (Aug. Nov.),
or $=(T_0+T_{200}+T_{400}+T_{600})/4$ (Jan. ～Mar.).
$\overline{T}^0_{200}=(T_0+T_{50}+T_{100}+T_{150}+T_{200})/5$ (Aug. Nov.),
or $=(T_0+T_{100}+T_{200})/3$ (Jan. ～Mar.).

D^0_{600}: Geopotential distance between the isobaric surfaces 0 and 600 decibars.

D^{100}_{600}: Geopotential distance between the isobaric surfaces 100 and 600 decibars.

を行つた上で、各物理量について統計的計算を行い、その結果の意味を海洋學的に考察する。

即ち前節では2前線に相對的な位置（空間的に固定されておらず年々變化する）が1時期に4箇所決定されたが、これら4點（黑潮前線の南端及び北端・親潮前線の南端及び北端）における水溫・塩素量・σ_t などの各物理量の値を南から順に X_{KS}, X_{KN}, X_{OS}, X_{ON}（第1添字は黑潮前線・親潮前線の區別、第2添字は南端・北端の區別を示す）で表わす。このように等質化された値について季節別・深度別に平均値・分散・統計量 "t" などを計算すれば、固定點について求めたものより餘程意味のある結果を得ることになり、分散も小さくなる譯である。

(A) 各前線の兩端における各物理量の平均値....water mass の分類

各點における各物理量についての季節別・深度別累年平均値は次式で示される：

$$\overline{X}_{KS}\equiv\frac{\Sigma X_{KS}}{n},\quad \overline{X}_{OS}\equiv\frac{\Sigma X_{OS}}{n}\qquad \text{(第4表 a, b 細字)}$$

$$\overline{X}_{KN}\equiv\frac{\Sigma X_{KN}}{n},\quad \overline{X}_{ON}\equiv\frac{\Sigma X_{ON}}{n}\qquad \text{(第4表 a, b 太字).}$$

ここに n は分子に加えられた項數を示す。

第4表aの σ_t の平均値は水温・塩素量について別々に求めた平均値から算出した。この値は σ_t 自身の平均値より一般に少し大きくなる（0.01～0.02）ことは、T-S diagram 上の等 σ_t 曲線の間隔及び彎曲の向きについて考えれば直ちにわかる。中には 0.04～0.05，時には 0.17 の差を生ずることもあるが、このような場合は前線の兩端における水温・塩素量の分散が大きい所に對應している。以下に出てくる σ_t に關する平均値は皆、上のような計算方法によつて求めた。これに反して第4表bに示した dynamic meter の平均値はそれ自身の値の平均値である。

また 11 月における平均値は n が小さいので餘り意味がない。

次に水温及び塩素量について求めたこれらの平均値を用いて季節別に T-S diagram（第3圖 a, b, c）を描き、東北海區における water mass について考察する。黑潮前線の南端・親潮前線の北端はそれぞれ黑潮水域・親潮水域の中にあり、しかもこれらの點の近くでは水平的に等質な water mass が各層において、かなりの範圍に擴がつている。從つてこの點における水温・塩素量の平均値を用いて描いた T-S diagram は、それぞれ黑潮水域・親潮水域内の鉛直水柱に特有な平均的 T-S 關係を示している。これに對して黑潮前線の北端・親潮前線の南端は混合水域の中にあり、これらの點の T-S diagram は季節的にもかなり變性しており、黑潮系及び親潮系の water mass の混合によつて生じたものであるということ以外には、餘りはつきりとした物理的意味をもたない。統計的にも分散（次の III (2) (B) を參照）が大きく平均値としての意味は疑わしい。

次に 700 m から 1400 m までの深層の觀測は st. 5, st. 9, st. 13（第8圖）の3定點においてのみ行われているので、st. 5 及び st. 13 における水温・塩素量の深度別・季節別（冬季には深層の觀測がないので値を示さなかつた）平均値（第5表）を用いて、それぞれ黑潮前線の南端・親潮

第 5 表　釧路正南における深層水の諸性質

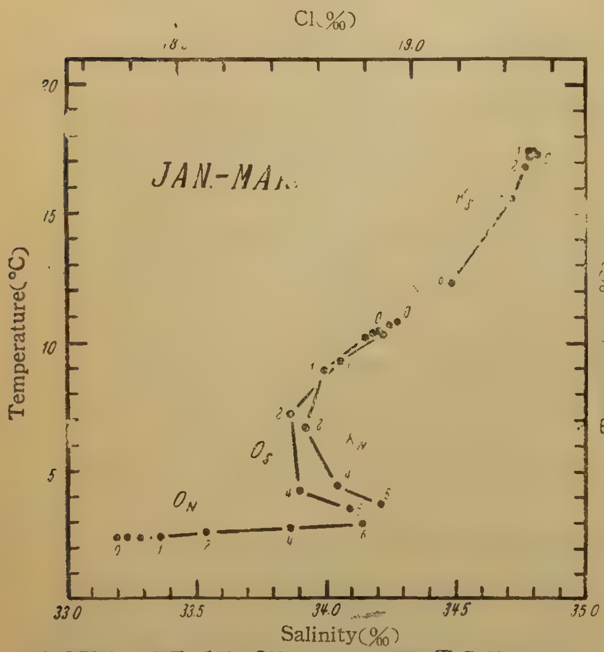
Table 5　Physical properties of deep waters along the meridian of 144°20′E

Month	St. 5 34°35′N 144°20′E				St. 9 37°55′N 144°20′E				St. 13 41°15′N 144°20′E			
	Depth (m)	Temp. (°C)	Cl (‰)	O_2 (ml/L)	Depth (m)	Temp. (°C)	Cl (‰)	O_2 (ml/L)	Depth (m)	Temp. (°C)	Cl (‰)	O_2 (ml/L)
Aug.	570	8.9	18.96	4.00	540	4.3	18.91	1.93	540	3.0	18.83	1.70
	740	5.8	18.91	3.26	710	3.7	18.93	1.73	710	3.0	18.90	1.21
	910	4.2	18.95	2.19	880	3.3	19.02	1.36	890	2.8	18.97	1.22
	1370	2.8	19.07	1.84	1330	2.5	19.10	1.60	1370	2.3	19.07	1.19
	mean of 6 times observs.				mean of 7 times observs.				mean of 6 times observs.			
Nov.	560	11.8	19.07	4.33	510	4.0	18.89	1.83	570	3.1	18.88	1.84
	730	7.0	18.90	3.33	660	3.6	18.90	1.94	700	3.2	18.97	1.64
	900	4.5	18.91	2.29	820	3.0	19.01	1.02	880	2.9	19.03	1.32
	1320	2.8	19.04	1.28	1230	2.3	19.06	1.22	1310	2.3	19.09	1.39
	mean of 3 times observs.				Only one time observ.				mean of 3 times observs.			

前線の北端の *T-S* diagram の深層部を補うことにする。これら2點の *T-S* diagram により示される water mass はそれぞれ東北海區における各季節・各層の黒潮系 water mass 及び親潮系 water mass の平均的、從つて代表的なもので、次にこれらを3部分に分けて考察する。

(a)　**黒潮根幹水・親潮根幹水**

黒潮前線の南端における夏季の 150～600 m, 秋季の 300～600 m, 冬季の 0～600 m の各層の



第3圖(a) 冬季(1月～3月)における平均 *T-S* diagram.
圖中の數字は深さ(100 m 單位)を示す

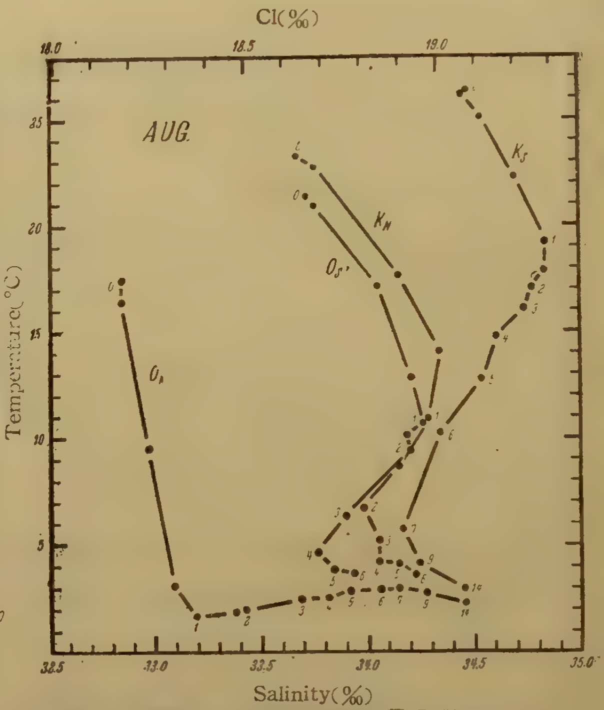
Fig. 3 (a) Mean *T-S* diagram in Jan.-Mar. The numeral beside the mark indicates the depth in hectometers.

K_S: At the southern edge of the Kuroshio Front. 黒潮前線の南端

K_N: At the northern edge of the Kuroshio Front. 黒潮前線の北端

O_S: At the southern edge of the Oyashio Front. 親潮前線の南端

O_N: At the northern edge of the Oyashio Front. 親潮前線の北端



第3圖(b) 夏季(8月)における平均 *T-S* diagram.
圖中の數字は深さ(100 m 單位)を示す

Fig. 3 (b) Mean *T-S* diagram in Aug. The numeral beside the mark indicates the depth in hectometers.

K_S: At the southern edge of the Kuroshio Front. 黒潮前線の南端

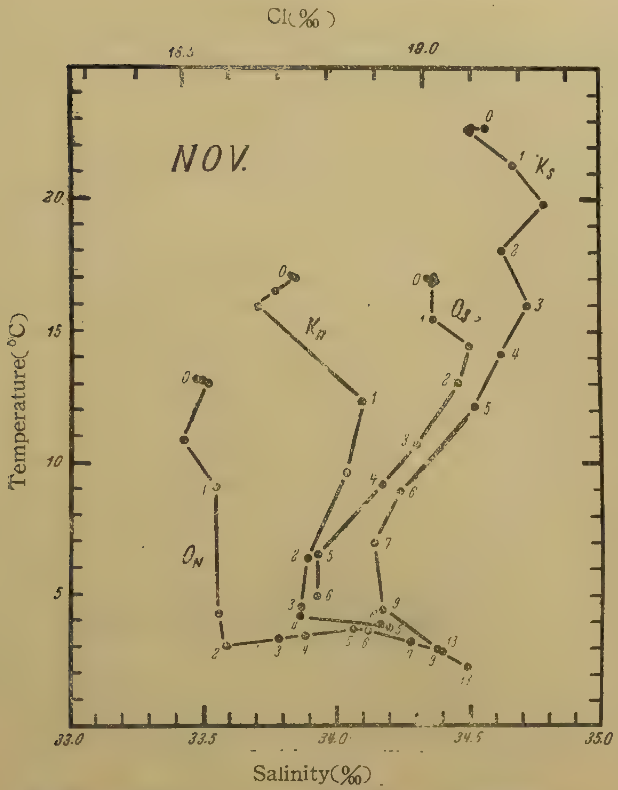
K_N: At the northern edge of the Kuroshio Front. 黒潮前線の北端

O_S: At the southern edge of the Oyashio Front. 親潮前線の南端

O_N: At the northern edge of the Oyashio Front. 親潮前線の北端

water mass は *T-S* diagram 上で同一直線上に、かなり見事に重なり合う。これらは2種の water type の混合により生じたものであるが、それはさておき、これらの各季節の water mass を包含するような *T-S* diagram 上の

$$T = 8.0°\text{C},\quad \text{Cl} = 18.95 \pm 0.05\,‰$$
$$T = 18.0°\text{C},\quad \text{Cl} = 19.30 \pm 0.05\,‰$$



第3圖(c) 秋季（11月）における平均 *T-S* diagram.
圖中の數字は深さ（100 m）單位を示す

Fig. 3(c) Mean *T-S* diagram in Nov. The numeral beside the mark indicates the depth in hectometers.

K_S: At the southern edge of the Kuroshio Front. 黑潮前線の南端

K_N: At the northern edge of the Kuroshio Front. 黑潮前線の北端

O_S: At the southern edge of the Oyashio Front. 親潮前線の南端

O_N: At the northern edge of the Oyashio Front. 親潮前線の北端

の4點により圍まれる帶狀の部分の water mass を**黑潮根幹水** (the Kuroshio Base Water)と呼ぶことにする（第4圖)。

また親潮前線の北端における夏季の 100～600 m, 秋季の 200～500 m, 冬季の 0～500 m の各層の water mass は黑潮根幹水の場合のように見事な一直線上には重なり合わないが、大體同一の帶狀部の中に含まれる。そこでこれら各季節の water mass を包含するような *T-S* diagram 上の

Cl=18.30‰, T=2.0±1.0°C

Cl=18.85‰, T=3.0±1.0°C

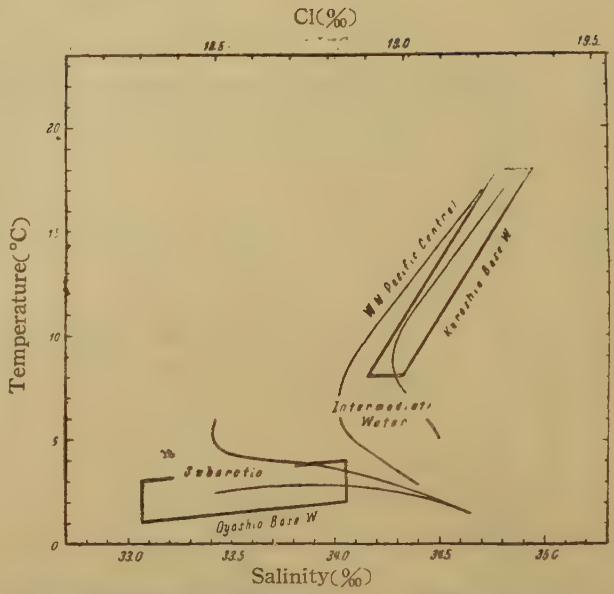
の4點により圍まれる帶狀の部分の water mass を**親潮根幹水** (the Oyashio Base Water) と呼ぶことにする（第4圖)。

上記各根幹水はそれぞれ Sverdrup (1942) の Western North Pacific Central Water 及び Subarctic Pacific Water の *T-S* 關係に對應するものであるが、それらと比べると、黑潮根幹水は同一水溫でより高鹹、親潮根幹水は同一塩素量でより低溫であり、もつと original なものといえよう（第4圖)。

黑潮根幹水の季節的變性は殆んど認められないが、親潮根幹水ではわずかではあるが、はつきりと認められる（第3圖 a, b, c を重ね合わせてみればよくわかる)。即ち同一の水溫値に對する塩素量を比較すると、平均的に見て、夏季には最低鹹、秋季には最高鹹、冬季には中間の値をとつている。從つて3季節の中では（春季の觀測値はない）夏季におけるものが最も original な water mass であり、冬季のものがこれに次ぐ。このことは從來“親潮自體は表層において冬季强勢に三陸沿岸を南下するが、親潮潛流は晩春～盛夏に最も强盛に南下し、秋冬にはその勢いが衰える”（宇田, 1938b)といわれたことに良く一致する。

（b）　上 層 水

黒潮水域・親潮水域の water mass は、冬季には表面まで各根幹水に含まれ、特別な上層水は認められない。しかし冬季以外には各根幹水と異なつた性質の water mass が上層部に認められる。即ち黒潮根幹水の上層では、夏季の 100 m 層以淺、秋季の 200 m 層以淺の部分及び、親潮根幹水の上層では夏季の 50 m 層以淺、秋季の 150 m 層以殘の部分は何れも各根幹水とは異なつた高溫・低鹹な性狀を示す。これらの上層水は降雨水・陸水・融氷水などに原因しており、春から夏にかけて東北海區の表層を覆つた後、秋季にはより下層まで混入するものである。



第4圖　黒潮根幹水と親潮根幹水……平行四邊形；及び北太平洋西部の Central Water と Subarctic Water ……曲線帶（Sverdrup による）。

Fig. 4　The Kuroshio Base Water and Oyashio Base Water… ..*Paralelogram*; and the Western North Pacific Central Water and Subarctic Water…… *Curved belt* (after Sverdrup).

（c）　深 層 水

黒潮根幹水・親潮根幹水の下層に當る st. 5 及び st. 13 における 700～1400 m 層の water mass（第5表）は、北太平洋西部の貧酸素層附近に當り、未だ純深層水には達していない。釧路正南では 1500 m 以深の觀測は行われていないが、この貧酸素層の下方には北方定點（39°N, 153°E）の 2000 m 以深の層にみられる $T<2°C$, $Cl>19.15\%$, $O_2>2ml/L$ の性質をもつ北太平洋西部の純深層水が極めて厚く、しかも廣範圍に分布しているものと推察される（增澤, 1950, 1951; Sverdrup et al., 1942）。

（B）　各前線の兩端における各物理量の分散

平均値の場合と同様な記號を用いれば、分散は次式により求められる。

$$S^2_{KS}\equiv\frac{\Sigma x^2_{KS}}{n-1},\qquad S^2_{OS}\equiv\frac{\Sigma x^2_{OS}}{n-1}\qquad \text{（第6表，細字）}$$

$$S^2_{KN}\equiv\frac{\Sigma x^2_{KN}}{n-1},\qquad S^2_{ON}\equiv\frac{\Sigma x^2_{ON}}{n-1}\qquad \text{（第6表，太字）.}$$

ここに x はそれに對應する X の平均値からの偏差である。秋季には觀測回數 n が小さいので、夏季と冬季についてのみ計算した。第6表について要約して述べる。

（a）　鉛直的にみると各物理量の分散の最大値は夏・冬ともに 100 m 層以淺に現われる場合が多い。これは强流帶の位置に對する上層の water mass の位置の時間的變動（夏の場合は年變

第 6 表　各前線の南端（細字）および北端（太字）における物理量の分散

Table 6　Variances of physical quantities at southern (Roman Type) and northern (Bold Face Type) edges of each Front

Depth (m)	Temperature (°C)²				Cl $\frac{1}{100}$(‰)²				σ_t $\frac{1}{100}$(normal unit)²			
	Kuroshio Front		Oyashio Front		Kuroshio Front		Oyashio Front		Kuroshio Front		Oyashio Front	
	Jan. ～ Mar.	Aug.	Jan. ～ Mar.	Aug.	Jan. ～ Mar.	Aug.	Jan. ～ Mar.	Aug.	Jan. ～ Mar.	Aug.	Jan. ～ Mar.	Aug.
0	0.64 **7.53**	1.15 **1.18**	0.91 **1.07**	2.75 **7.20**	0.22 **1.62**	0.71 **2.07**	1.55 **3.21**	5.07 **3.69**	3.29 **8.71**	11.93 **16.99**	4.54 **6.42**	35.56 **29.09**
10	— —	1.01 **1.99**	— —	3.38 **8.54**	— —	0.82 **2.08**	— —	4.75 **3.23**	— —	11.83 **27.64**	— —	38.28 **35.42**
25	0.71 **7.72**	3.22 **2.81**	0.99 **0.94**	5.43 **36.67**	0.11 **2.04**	1.36 **1.87**	1.72 **2.21**	2.83 **0.75**	3.73 **8.34**	48.42 **29.02**	5.10 **4.65**	12.25 **102.59**
50	0.70 **7.31**	6.21 **1.14**	1.02 **0.78**	2.00 **1.12**	0.16 **3.10**	0.83 **0.74**	1.77 **1.62**	1.87 **0.17**	3.10 **6.37**	66.46 **53.32**	5.78 **4.06**	5.28 **0.92**
100	0.72 **7.43**	1.54 **1.47**	3.83 **1.06**	4.01 **0.15**	0.25 **2.75**	0.10 **1.43**	2.31 **0.33**	2.01 **0.57**	4.00 **6.45**	12.24 **2.49**	8.00 **1.54**	4.37 **1.38**
150	— —	0.61 **2.23**	— —	5.79 **0.35**	— —	0.22 **2.82**	— —	3.26 **0.17**	— —	3.92 **0.23**	— —	3.96 **0.12**
200	0.45 **5.25**	0.18 **2.43**	2.46 **0.26**	5.45 **0.25**	0.16 **1.27**	0.25 **2.31**	1.91 **0.46**	2.64 **0.37**	1.85 **3.50**	2.66 **0.30**	4.47 **0.86**	3.24 **0.42**
300	— —	0.09 **2.49**	— —	6.96 **0.51**	— —	0.22 **1.98**	— —	2.77 **1.32**	— —	0.73 **1.70**	— —	1.49 **1.95**
400	0.46 **1.20**	1.10 **0.88**	1.07 **0.32**	2.93 **0.41**	0.15 **0.48**	1.21 **1.40**	1.54 **1.25**	1.09 **1.47**	1.05 **0.49**	2.52 **1.05**	2.19 **1.38**	1.51 **1.52**
500	— —	2.92 **0.20**	— —	0.80 **0.18**	— —	0.94 **0.62**	— —	0.49 **1.05**	— —	9.76 **1.04**	— —	1.33 **1.38**
600	2.74 **0.33**	3.25 **0.05**	0.31 **0.19**	0.29 **0.13**	0.55 **0.13**	0.60 **0.96**	1.36 **0.43**	0.78 **1.11**	5.32 **0.16**	6.32 **1.95**	1.64 **0.80**	0.83 **1.49**
No. fo Obs. (n)	9	7	7	7	9	7	7	7	9	7	7	7

動、冬の場合はこの他に、更に1月・2月・3月などの月變動及びそれらとの共變動をも含む）が下層のそれより著しいことを意味する。いい換えれば、强流帯の位置は同じ季節では大體一定の水温・塩素量をもつ下層の water mass の位置とよく一致することを示す。

(b)　100～400 m 附近の中層では、夏・冬ともに各前線の混合水域側の點（黑潮前線の北端・親潮前線の南端）における水温・塩素量の分散が各固有水域側の點（黑潮前線の南端・親潮前線の北端）におけるそれよりも一般に大きい値を示している。これは混合水域における各種水塊の空間的分布が、各固有水域におけるものに比べて、複雜であるために（II を參照）、その時間的變動が著しくなつたということを意味する。σ_t の分散は冬季には矢張り混合水域側の點で大きい値を示すが、夏季には各前線の南端の分散が北端のものよりも大きい値を示す。これはどういう意味か不明であるが、數値的には極く微小な差にすぎないので、果して統計的に有意かどうかは疑わしいということも考えられる。

(c)　黑潮前線の南端における 600 m 層附近の水温・σ_t の分散は、夏・冬ともに鉛直的に比べてみても、また同じ深さの他の點におけるものに比べても、大きい値を示している。塩素量の分

散にもこの傾向が認められるが、水溫・σ_tの場合程著しくはない。これは黒潮前線附近の水溫の不連續面を鉛直子午斷面によつて直角に切つた場合に、中層の不連續面は黒潮前線の南端と北端の中間の位置（緯度）において急勾配をもつているが､深層の不連續面は次第に南に傾斜し600m層の深さでは、丁度黒潮前線の南端附近の位置（緯度）を通るという構造に起因している。そしてこの600 m層における不連續面の位置（緯度）が、同じ季節であつても、年により黒潮前線の南端より南側に來るか、北側に來るかにより、水溫・σ_tなどの値が著しく異なるために分散が大きくなつたものと考えられる。

（C） 各前線の兩端における各物理量の平均差

各前線を挾む兩端の物理量の平均差（同一深度）は次式により求められる：

$$\Delta \bar{X}_K \equiv \bar{X}_{KS} - \bar{X}_{KN}, \quad \Delta \bar{X}_O \equiv \bar{X}_{OS} - \bar{X}_{ON} \quad (\text{第7表}).$$

第7表　各前線の兩端における各物理量の平均差

Table 7　Mean differences of physical quantities between both edges of each Front

Depth (m)	Temperature (°C)						Cl (‰)						σ_t					
	Kuroshio Front			Oyashio Front			Kuroshio Front			Oyashio Front			Kuroshio Front			Oyashio Front		
	Jan. ～ Mar.	Aug.	Nov.	Jan. ～ Mar.	Aug.	Nov.	Jan. ～ Mar.	Aug.	Nov.	Jan. ～ Mar.	Aug.	Nov.	Jan. ～ Mar.	Aug.	Nov.	Jan. ～ Mar.	Aug.	Nov.
0	6.5	2.9	5.7	7.9	3.9	3.8	0.30	**0.44**	0.40	**0.54**	0.49	0.49	0.94	0.29	0.93	0.25	0.33	0.16
10	—	3.3	5.7	—	4.5	3.9	—	0.39	0.37	—	0.51	0.49	—	0.47	0.98	—	0.41	0.17
25	6.7	7.5	6.2	**8.0**	7.6	3.8	0.30	0.21	0.40	**0.53**	0.60	0.48	0.98	**1.76**	1.04	0.28	**0.71**	0.16
50	7.2	8.2	6.6	**8.0**	**9.8**	6.0	0.35	0.19	**0.45**	0.52	**0.63**	**0.52**	1.01	**1.76**	1.08	0.29	0.56	0.51
100	8.3	8.3	9.0	6.9	9.0	6.3	0.44	0.31	0.31	0.38	0.60	0.45	1.07	1.40	**1.68**	**0.31**	0.29	0.58
150	—	9.1	10.1	—	8.2	**10.1**	—	0.38	0.41	—	0.46	**0.52**	—	1.33	1.60	—	0.38	**0.88**
200	10.1	10.3	**11.7**	4.6	7.5	**10.0**	**0.46**	**0.44**	0.40	0.18	0.43	0.49	1.24	1.32	**1.67**	0.27	0.30	0.79
300	—	**10.8**	11.4	—	3.9	7.4	—	0.38	**0.47**	—	0.12	0.29	—	**1.37**	1.30	—	0.24	0.62
400	**11.2**	10.5	10.0	1.5	2.0	5.8	0.37	0.31	0.42	0.02	-0.02	0.16	**1.39**	1.29	1.00	0.12	0.23	0.53
500	—	8.7	8.3	—	1.0	2.8	—	0.22	0.18	—	-0.04	-0.07	—	1.02	0.97	—	0.15	0.41
600	8.5	6.6	5.1	0.6	0.7	1.3	0.15	0.07	0.04	-0.03	-0.07	-0.10	1.05	0.82	0.61	0.10	0.16	0.27

太字は各列における最大値を示す。
Bold Face Type denotes max. in each column.

初めの式は黒潮前線に、後の式は親潮前線に關するものである。但しこの場合には各前線の兩端の間隔が季節的に異なるので、物理量の水平傾度の季節的變化を論ずることはできない。しかし鉛直的にみると、水溫・塩素量・σ_tの各場合ともに、max.は一般に黒潮前線では100～400 mの中層に、親潮前線では100 m以淺の上層に現われている。例外として、秋季の親潮前線ではやや深く150 m層附近に、また夏季の黒潮前線ではσ_tの場合のみ25～50 mの上層に、submax.は300 m層附近に、それぞれ認められる。從つて黒潮前線を中層の比較的に深い部分の密度分布に對應した强流帶であるが、親潮前線は淺層の密度分布に對應した比較的に流速の弱い强流帶であ

る。

(D) 各前線の中軸における各物理量の平均値と統計量 "t"....平行 solenoid 場の法則と前線の代表等量線

(a) 平行 solenoid 場の法則

黒潮前線・親潮前線の近傍における、或深度範圍の等壓面上の等溫線・等塩素量線・等密度線・等比容線・等 geopotential 線などの各種の等量線と流線の間には、次の2關係が認められる。

1) 同一等壓面上のこれらの異なつた種類の等量線及び流線は互いに重なり合い一致する。

2) 異なつた等壓面上の等量線及び流線の間にも、これらを鉛直方向に射影すると、互いに重なり合い一致するという關係がある。

東北海區においては、未だ G.E.K. による詳しい調査が實施されていないために、實測の流向分布について發表すべき適切な資料をここに持ちあわせていない。從つて實證的には等壓面上の等 geopotential 線と流線とを區別することは無意味かも知れない。しかしメキシコ灣流域においては、0～200 m の鉛直平均水溫の水平分布圖に現われた潮境附近では、等溫線（鉛直平均水溫についてのものである）の方向と流向（G.E.K. による）とが、潮境の著しい屈曲にも拘らず、極めて良く一致している（Fuglister & Worthington, 1951)。從つて上記の2關係は、流線に關する分も含めて、黒潮前線・親潮前線のような著しい潮境の近傍において成立つていると考えられる。

上記の2關係は平行 solenoid 場の性質を規定するものである。平行 solenoid 場の法測が成立つための條件は

1) 狀態が定常に近いこと

2) 渦動粘性・渦動擴散による影響が微小であること

3) 湧昇流・沈降流の流速は水平流のそれに比べて微小であり、海流は殆んど等壓面にそつて流れていること

4) 流線の彎曲があつても、慣性項 $V\frac{\partial V}{\partial S}$ が等壓面上の geopotential の勾配に比べて微小であること（V は流速の大きさ、S は流線の弧にそつて測つた長さ）。

條件 4) については、從來の平行 solenoid 場の法則において、考えられていなかつたが、これは縱發散（longitudinal divergence）が微小であることと同義である。更に條件 3) を併せ考えると、流線の（從つて等量線の）間隔は、沖へ向つて進んでも殆んど擴がらないことを意味する（速水・川合, 1950)。從つて前線は或數値の等量線に一致して走ることが必要條件として實際に成立しているものと考えられる。このような等量線を**前線の代表等量線**（the representative isoline of the Front）と呼ぶことにする。

(b) 代表等量線を選ぶ基準

では實際問題として、2前線の代表等量線に何を選ぶべきであるか。先ず候補として考えられ

第 8 表　各前線の中軸における物理量の平均値と各前線の代表等量線

Table 8　Means of physical quantities at the axis of each Front and the representative isolines of each Front

Depth (m)	Temperatue (°C)						Cl (‰)						σ_t					
	Kuroshio Front			Oyashio Front			Kuroshio Front			Oyashio Front			Kuroshio Front			Oyashio Front		
	Jan. ~ Mar.	Aug.	Nov.	Jan. ~ Mar.	Aug.	Nov.	Jan. ~ Mar.	Aug.	Nov.	Jan. ~ Mar.	Aug.	Nob.	Jan ~ Mar.	Aug.	Nov.	Jan. ~ Mar.	Aug.	Nov.
0	14.0	24.8	19.9	6.4	(19.5)	15.1	19.12	1 .86	18.93	18.65	18.42	18.76	25.84	(22.70)	24.20	(26.49)	(23.60)	25.12
10	—	24.6	19.8	—	(18.8)	15.1	—	18.88	18.92	—	18.43	18.78	-	(22.82)	24.20	—	(23.80)	25.14
25	14.1	21.4	19.6	6.4	(13.4)	15.0	19.11	(19.01)	18.89	18.66	18.55	18 78	25.82	23.89	24.22	(26.52)	**25.18**	25.17
50	13.8	18.2	19.2	**6.4**	**8.0**	13.9	19.08	19.11	18.88	**18 68**	**18 62**	18.76	25.83	24.87	24.30	(26.53)	**26.22**	25.37
100	13.1	15.1	16.8	5.9	6.2	12.3	19.03	19.13	19.03	18.65	18.67	18.82	25.92	25.62	25.10	(26.57)	(26.55)	25.78
150	—	13.3	14.8	—	6.0	9.4	—	19.09	19.05	—	18.70	18.84	—	25.95	25.60	—	26.62	26.32
200	11.8	11.9	12.2	4.9	5.7	8.1	19.01	**19.03**	18.96	(18.65)	18.71	18.83	26.14	**26.14**	25.98	(26.67)	2.667	26.51
300	—	10.7	10 3	—	(4.5	7.0	—	19.04	18.98	—	(18.70)	18.84	—	**6 38**	26.37	—	26.8 0	26.68
400	**10.0**	**9.6**	9.2	(3.5)	(3.7)	6.3	**19 03**	19.00	18.95	(18.75)	(18.70)	18.83	**26.48**	**26 52**	26.50	(26.97)	(26.87)	26.76
500	—	8.5	8 0	—	3.4	5 .1	—	19.01	19.02	—	(18.75)	18.82	—	26·70	26.79	—	(26.98)	26.89
600	8.0	7.0	6.4	(3.3)	(3.3)	4.3	19.01	(18.98)	18.93	(18.89)	(18.82)	18.83	26.77	26.87	26.89	(27.18)	(27.08)	26.99

括弧の數字は統計量 "t"<4 に對應しており，前線の代表等量線としては不適當である。
太字の數字は max. の "t" に對應しており，前線の代表等量線としては各列の中で最適である (第9表參照)。
11月には "t" が求められないので ($n=3$)，上記の記號は附されていない。

Parenthesized figures correspond to the statistic "t"<4, hence they are unfit for the representstive isoline of each Front.

Bold Face Type figures correspond to the statistic "t" of the msx. value, hence they are the fittest in each column for the representative isoline of the Front (Cf. table 9).

Above marks are not putted in Nov., because the statistic "t" cannot be calculated ($n=3$).

るものは、各前線の中軸における各物理量の平均値

$$\bar{X}_{KM} \equiv \frac{\bar{X}_{KS}+\bar{X}_{KN}}{2}, \quad \bar{X}_{OM} \equiv \frac{\bar{X}_{OS}+\bar{X}_{ON}}{2} \quad (\text{第8表})$$

である。これは前線を直角に横斷した場合に、各物理量が殆んど linear に變化していると假定して、前線の南端と北端における物理量の平均値の中央値を、前線の中軸における平均値と見なした譯である。

次にこれらの物理量の中で、如何なる種類（水溫・塩素量・σ_t などの區別）のどの深さにおけるものを選ぶべきか、その基準を考える。そのために統計學で個々の對應がない場合[*3] の 2 群の平均値間の差の検定に用いられる Student の "t" (Snedecor, 1946)

*3　この場合には統計的に對應があるが、後述するように "t" の分母の意味を考えて對應のない場合の "t" を採用した。

第 9 表　各前線における統計量 "*t*"（無次元量）

Table 9　Statistic "*t*" (non-dimension) at each Front

Depth (m)	Temperature				Cl				σ_t			
	Kuroshio Front		Oyashio Front		Kuroshio Front		Oyashio Front		Kuroshio Front		Oyashio Front	
	Jan. ~ Mar.	Aug.	Jan. ~ Mar.	Aug.	Jan. ~ Mar.	Aug.	Jan. ~ Mar.	Aug.	Jan. ~ Mar.	Aug.	Jan. ~ Mar.	Aug.
0	6.79	5.04	14.87	3.27	6.62	6.93	6.58	4.36	8.09	1.38	2.07	1.02
10	—	5.09	—	3.42	—	6.02	—	4.78	—	1.94	—	1.26
25	6.91	8.05	15.25	3.12	6.12	3.10	7.10	8.37	8.29	5.32	2.29	**6.75**
50	7.64	8.03	**15.68**	**14.67**	5.80	4.09	**7.40**	**11.60**	9.86	4.30	2.44	**5.83**
100	8.82	12.65	8.24	11.70	7.59	6.54	6.22	9.87	10.11	9.66	2.66	3.42
150	—	14.33	—	8.76	—	5.72	—	6.49	—	17·18	—	5.25
200	12.70	16.80	7.43	8.28	11.69	**7.32**	3.04	6.59	16.14	**20.21**	3.21	4.30
300	—	17.79	—	3.79	—	6.82	—	1.59	—	**22.82**	—	3.43
400	**26.02**	**19.79**	3.27	2.92	**14.03**	5.07	0.26	0.46	**33.71**	**18.06**	1.54	3.66
500	—	13.08	—	2.67	—	4.70	—	0.83	—	8.30	—	2.41
600	14.61	9.67	2.17	2.75	5.44	1.52	0.55	1.38	13.32	7.73	1.69	2.96
No. of Obs. (n)	9	7	7	7	9	7	7	7	9	7	7	7

太字は各列における最大値を示す。

Bold Face Type denotes max. in each column.

$$t_K = \Delta\bar{X}_K \Big/ \sqrt{\frac{S_{KS}^2 + S_{KN}^2}{n}}, \quad t_0 = \Delta\bar{X}_0 \Big/ \sqrt{\frac{S_{OS}^2 + S_{ON}^2}{n}} \qquad \text{（第9表）}$$

を計算して、これが或一定の値よりも大きくなることを以て、代表等量線を選ぶ基準とした。

"*t*" の分子 $\Delta\bar{X}$ の意味について考える(この鉛直分布は III (2) (C) において論じた)。代表等量線として平均値を採つたが、これは年々變動するものであり、平均値としての代表等量線の位置は、その年の前線の位置と幾分喰い違う譯である。若し $\Delta\bar{X}$ が大きくなるような適當な深さの適當な種類の代表等量線を選んだ場合には、等量線が水平方向に密集しているために、上述の位置の喰い違いは極くわずかなものに留まる。更にまた强流帶附近にある２水域の water mass の境界面は、一般に上層では强流帶より北方にずれ、深層では强流帶より南方にずれるので、前線の南端と北端の間隔がかなり廣くなるように前線を併合したのであるが (III (1) を參照)、それでも兩端の間に water mass の境界面が入らぬ場合がある。從つてこのように强流帶の位置と或深さの不連續面の位置とが著しくずれる (50~100 浬以上) 時には、$\Delta\bar{X}$ の値が小さくなる譯である。以上に述べたように "*t*" の分子 $\Delta\bar{X}$ が大きいもの程、前線の代表等量線として望ましいことになる。

次に "*t*" の分母の意味について考える。前述 (III (2) (B) (b)) したように、代表等量線は

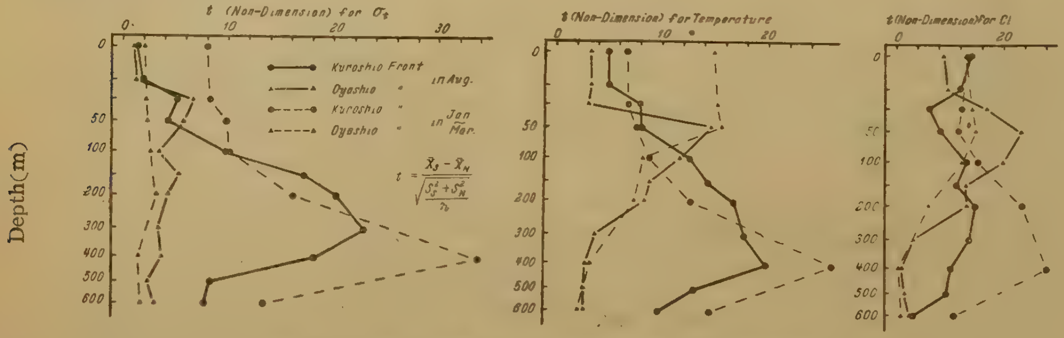
$$\bar{X}_{KM} = \frac{\bar{X}_{KS} + \bar{X}_{KN}}{2}$$

の形をとる平均値である。この平均値の標準誤差は、もし X_{KS} と X_{KN} とが互いに獨立であり、しかもその平均個數 n が等しければ、"t" の分母に比例する。從つて "t" の分母が小さいもの程代表等量線として望ましい。

このような2要素の比として "t" の値が大きいもの程代表等量線として望ましいが、更に "t" は無次元量であるから、異つた次元の物理量の間の比較も可能になる譯である。第8表では、第9表の "t" の値が4 *4 より小になる代表等量線は不適當であるとして括弧で圍んだ。また "t" が鉛直的に max. になるものを太字で示した。この値が各種類の代表等量線の中で最適の深さのものである。

(c)　"t" の鉛直分布（第5圖）

前線の南端と北端の間隔を一定にしなかつたので、季節的な "t" の大きさの變化とか、黒潮前線と親潮前線との間でどちらの "t" が大きいかというような考察はできないが、鉛直分布については考察できる譯である。



第5圖　水溫・塩素量・σ_t に關する統計量 "t" の鉛直分布
Fig. 5　Vertical distributions of the statistic "t" for temp., chlorinity and σ_t.

"t" の分布は平均差（第7表）とか分散（第6表）に比べて一般に規則的であることは注目に値する。要約すると：

1)　水溫　夏冬ともに黒潮前線では 400 m 層、親潮前線では 50 m 層に max. が現われている。

2)　塩素量　大體水溫と同樣。異なる點は夏の黒潮前線では 200 m 層附近に max. が現われている。

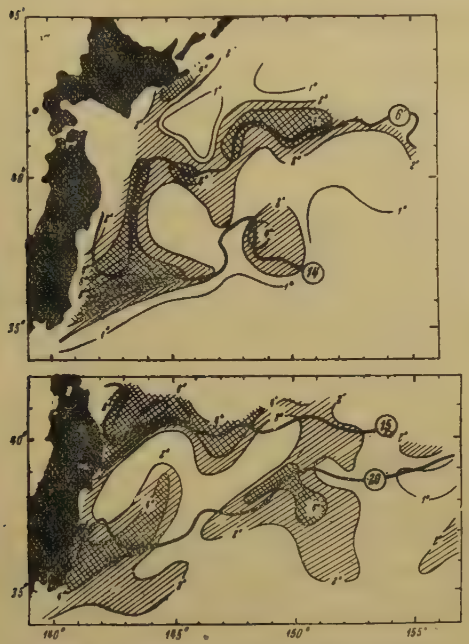
3)　σ_t　大體水溫と同樣。異なる點は夏の黒潮前線では 200 m 層附近に、また夏の親潮前線では 25 m 層附近に max. が現われている。冬の親潮前線では一般に極めて値が小さく、max.

*4　母分散に何も假定を設けずに、母平均値の差を檢定する場合には、自由度が $2(n-1)$ ではなく、$n-1$ の "t" を考えなければならない（Snedecor, 1946 p. 83）
$n=7$, P=1%：$t=3.71$（親潮前線及び夏の黒潮前線）
$n=9$, P=1%：$t=3.36$（冬の黒潮前線）

は 200 m 層附近に認められる。

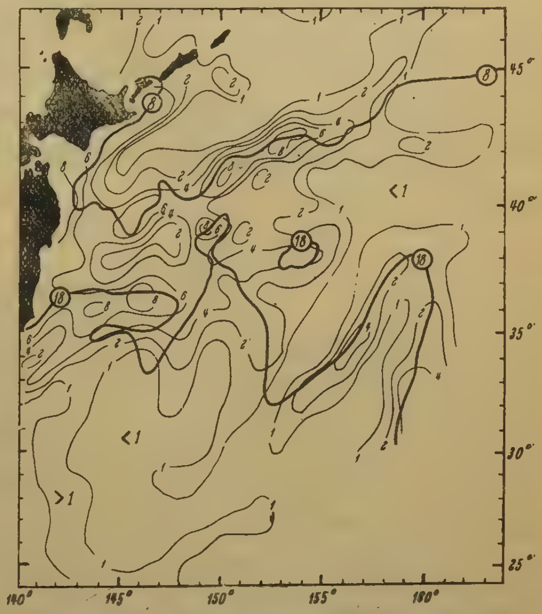
(d) 代表等量線としての等溫線

最後に、前線の代表等量線としては水溫の "t" が塩素量・σ_t の "t" より一般に大きい値をもつので(第9表及び第5圖)、代表等溫線と宇田(1938 a) により描かれた水溫の等水平傾度線の最大部とが、どのくらいの沖合まで一致するかを考察してみる (第6圖 a, b, c)。



第6圖 (ab) 表面水溫水平傾度 (°C/30浬, 宇田による) と黒潮前線・親潮前線の代表等溫線 (太線, 丸の中の數字はその溫度を示す)。上: 1935年3月, 下: 1936年11月。表面を考えたので等溫線の中には前線の代表としては不適當のものもある。

Fig. 6 (a b) Temperature gradients (°C per 30 Mi., after Uda) and representative isotherms of the Kuroshio Front and Oyashio Front at the surface in Mar. (*upper*) and Nov. (*lower*) 1935. *Heavy lines* denote isotherms and *numerals in circles* indicate their temperatures. As the surface is considered, some isotherms are unfit for the representative.



第6圖 (c) 50m 層水溫水平傾度 (°C/30 浬, 宇田による) と黒潮前線, 親潮前線の代表等溫線 (太線, 丸の中の數字はその溫度を示す)。1935年8月。黒潮前線を考えるには50m層では尙淺過ぎる。

Fig. 6 (c) Temperature gradients (°C per 30 Mi., after Uda) and representative isotherms of the Kuroshio Front and Oyashio Front at a depth of 50m in Aug. 1935. *Heavy lines* denote isotherms and *numerals in circles* indicate their temperatures. A depth of 50m is still shallow for the Kuroshio Front.

3 月 の 表 層

黒潮前線：代表等溫線 14°C　"t" = 6.79　147°E まで一致

親潮前線：代表等溫線 6°C　"t" = 14.87　152°E までよく一致

8 月の 50 m 層

黑潮前線：代表等溫線 18°C　"t" = 8.03　160°E まで大體一致

親潮前線：代表等溫線 8°C　"t" = 14.67　160°E までよく一致

11 月 の 表 層

黑潮前線：代表等溫線 20°C　"t" 不 明　150°E まで大體一致

親潮前線：代表等溫線 15°C　"t" 不 明　150°E までよく一致

以上のように、"t"の大きい場合には代表等溫線は水平溫度勾配の著しい部分によく一致するが"t"が小さい場合には餘りよく一致しない。特に 11 月の表層ではよく一致せぬが、"t" が大きくなると考えられる中層をとつた時にはよく一致するのであろう。また 1952 年 8 月の 50 m 層の 8°C 及び 200 m 層の 12°C の等溫線はそれぞれ親潮前線・黑潮前線に相當する水溫の水平傾度の著しい帶狀の部分によく一致している（第 1 圖 a, b, c)。これは 8 月においては、親潮前線の代表等溫線の "t" は 50 m 層で最大となり、黑潮前線では 200 m 層でかなり大きい（400 m 層で最大）ことによる（第 5 圖)。

IV. 極前線帶附近の海況變動

海況變動を論ずる場合には、あらゆる自然科學の出發點における場合と同樣に、現象の記述が最も基本的な問題である。もちろん記述だけに終始してはならず、海況變動を支配する力學的原理を究明する方向に進まねばならないが、應用的な面では記述自體にも價値がある。

海洋學における現象記述の有力な手段は synoptic charts を作製することであるが、極前線帶附近のように複雜な海況を示す所においては、これ自身にも多くの問題點がある。という譯は海況の複雜さに對して、時空的觀測點分布が充分に得られていないためである。例えばわずかな觀測値では、等量線の描き方には多くの任意性があつて、時には全く實際の現象とは異なつた記述をもたらすことがある。これを克服するには、海洋の實体的構造を常に考慮しながら現象を記述しなければならない。このことは海況變動の一般的記述に際しても當てはまる。たとえば資料が或程度連續して長期間得られている沿岸水溫・北方定點における海況要素・外洋の表面水溫の平年偏差・或一斷面（水平面又は鉛直面）内の或數値の等量線の圍む面積などは、海況變動を論ずる際にしばしば用いられるが、これにおいても適切に處理せねば海洋構造から遊離した物理的に無意味な記述になつてしまうことがある。

次に從來しばしば用いられてきた黑潮勢力・親潮勢力という語は甚だ漠然とした概念であり、これを實際の觀測資料を用いて表現する方法はいろいろと考えられ（宇田，1942; 竹內，1950; 南日，1951)、時には相矛盾した結果に到達することもある。この言葉の物理的意味を明確にすることは重要であるが、ここでは混亂をさけるために、暫らくこの言葉の使用を保留し、比較的に物理的意味のはつきりしている黑潮前線・親潮前線に關する量を中心に海況變動を記述することから始めていく。

外洋における下層觀測の資料は沿岸水溫に比べれば量的に少いので、なるべく多數の觀測値を集める努力を行つたものの、斷片的であるのを免かれ得ない。次に主なる觀測資料の出所を記しておく。

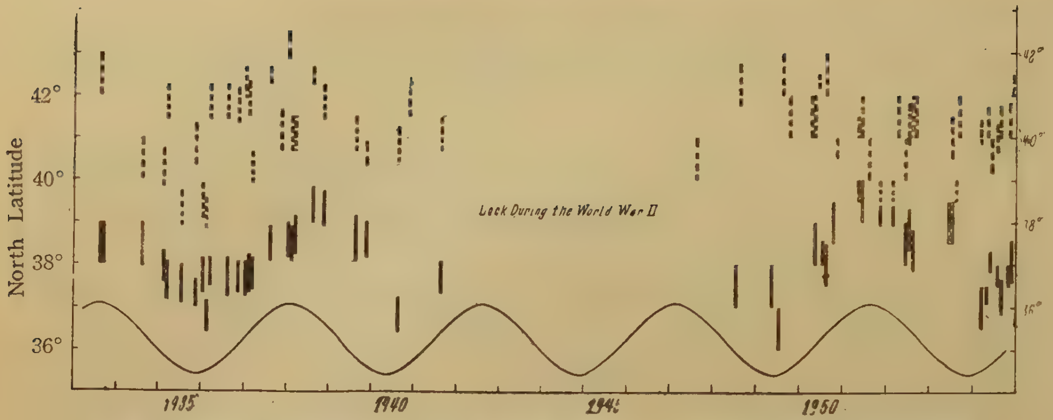
中央氣象臺	The Results of Marine Meteorological and Oceanographical Observations （1947年以降の分、函館海洋氣象臺•宮古測候所などにより實施された分も含まれている）
海上保安廳水路部	海象彙報•海象時報•水路部彙報•水路要報及びその增刊號（海象篇）
元中央水產試驗場	海洋調査要報（第71報まで）
東海區水產研究所編 水產廳調査研究部刊	海洋調査要報（第72報以後）
東北海區水產研究所	海洋資源年報（昭和24年度）•海洋調査篇
――――――――	海洋觀測成果表（略報），（1950年以降）
北海道水產試驗場	北水試月報
東北各縣水產試驗場	事業報告

（1） 黑潮前線・親潮前線の南偏・北偏

釧路正南の子午斷面が黑潮前線・親潮前線と交わる位置は、1935年から 1941年までの分については第1表に示されてあるが、それ以外の期間の分については代表等溫線（第8表）•中層における等溫線の密集狀態•海面の geopotential topography などを參考にして決定した。もつとも戰後、夕汐丸（函館海洋氣象臺）などによつて實施された斷面觀測の分については、鉛直平均水溫差を用いた。このようにして東北海區近海における各前線の南偏・北偏を1次元的に表現したのが第7圖である。圖の縦の線分の長さは、子午斷面觀測のある場合には2觀測點間の距離を示し、子午斷面觀測のない場合には、上記のようにして定めた前線の中軸部60浬の範圍を示している。觀測點分布が粗であるときに、等溫線の密集狀態により黑潮前線の位置を定める場合の注意としては、100m層など比較的に淺い層を考えると、混合水域における暖水塊の北縁の潮境を誤まつて採ることもあるから、400m層の水溫の潮境についても併せて考慮すべきである。親潮前線については、50m層の水溫分布により充分確實に決定され得る。

黑潮前線の南偏・北偏の振動範圍は、釧路正南の子午斷面において、**犬吠崎東方から金華山東方に至る南北約150〜200浬の區域に及んでいる。季節的な南偏・北偏は殆んど認められなく經年的な周期をもつているが**、調査年數が少い（20年以下）ので、この資料だけによつてはその周期の長さを決定することはできない。畑中（1952）は夏の東北海區南部沿岸水溫の平年偏差の高低の周期として4年半を推定したが、この周期曲線（第7圖の下方の曲線）と比べると、數ケ月の位相のずれはあるかも知れないが、**四季を通じて**同一傾向を辿つている。

畑中（1952）によれば、東北海區沿岸水溫の4年半周期は黑潮の影響を受ける南部沿岸の夏に現われ易く、他の季節の平年偏差には現われ難い。實際に8月だけでなく、年間を通じて見ると



第7圖　144°20′E の子午斷面内における黑潮前線（實線柱）と親潮前線（破線柱）の南偏北偏
下の曲線は東北海區南部沿岸の夏季の水溫から推定された4年半周期曲線（畑中，1952）.

Fig. 7　Meridional Oscillation of the Kuroshio Front (*solid column*) and the Oyashio Front (*broken column*) in a vertical section along the meridian of 144°20′E. *Lower*: 4.5 years periodicity curve estimated from the water temperature in summer at 3 coastal stations (Hachijô jima, Nojima-zaki and Shioya-zaki); (after Hatanaka, 1952).

親潮などの影響も加わるために、現象としての4年半周期は隱されてしまう。更に沿岸水溫と塩分の平年偏差は極めて相似した變動を辿つていることなどから、沿岸水溫の高低を支配する最大の要因は外洋水の混入であるとしている。一方黑潮前線の南北偏には季節的變化が殆んど認められないばかりでなく、平年偏差でなく、位置そのものが周期的に變化している。以上のことからして、沿岸水溫から推定された**黑潮勢力の4年半周期説**（畑中，1952）**の實體は黑潮前線の南北偏振動である**と考えてよい。

次に親潮前線の南北偏について見ると、その振動範圍は、釧路正南の子午斷面において、襟裳岬東方から金華山東方に至る南北約200浬の區域に及んでいる。黑潮前線に比べてその變動が非常に不規則的である原因は次のように考えられる。

1）　黑潮前線は1000 m 層にも達する流れによる尨大な運動量をもつ强流帶であるのに反して親潮前線は殆んど300 m 層以淺に限られた流れによる僅かな運動量をもつ比較的に弱い强流帶であるから、一寸した原因によつても直ちにその位置を變ずる。

2）　親潮前線の彎曲が著しいので、釧路正南の子午斷面がこれと斜交する場合があり、位置（緯度）の誤差が大きい。

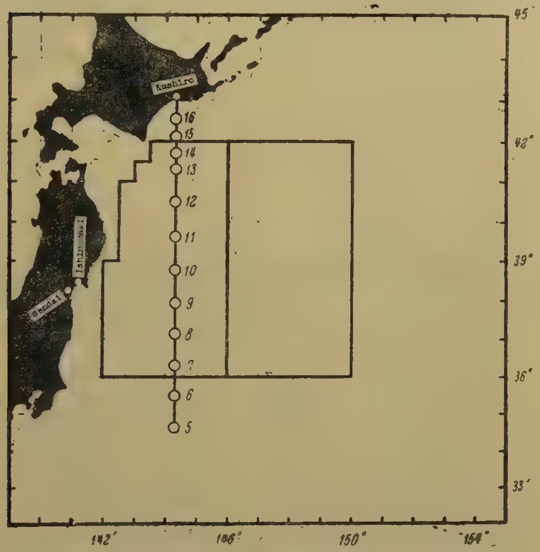
3）　津輕暖流との相互干渉があること（秦，1953）。

親潮前線は冬季に南偏し、夏季に北偏するような季節的變動傾向をもつているので、經年的變動を論ずるには、平年からの偏差を考えなければならない。しかし8月以外の季節においては、資料が年々連續して得られていないから、今8月だけについて見ると周期性があるらしいが、畑中（1952）の9年周期に一致するとは考えられない。これは上記2）で述べたように、釧路正南

の一子午斷面によりその位置を1次元に還元して表現することがもともと無理であるのか、またはたとえ何らかの方法で親潮前線の位置の變動を表現し得たにしても、夏の場合には黑潮の影響（IV(2)を參照）などが加わるために、9年周期が現われ難いということも考えられる。とにかく周期の長さに比べて調査期間が短か過ぎる。

(2) 8月における黑潮水域・親潮水域の面積の經年變化

東北海區の犬吠崎東方から襟裳岬東方に至る區域に、第8圖に示したように固定區域を設け、その區域の中で8月における黑潮水域・親潮水域の覆う面積の經年變化を調べた。固定區域を146°E以西にした場合と、150°E以西にした場合に分けて示したのが第9圖である。時期を8月に選んだ譯は、これ以外の季節では廣汎な區域の調査が少いことによる。



第8圖　固定區域．左：近海區域．右：沖合區域
丸印の橫の數字は觀測點番號

Fig. 8 The framed area to measure the Kuroshio Area, the Oyashio Area and the warm and cold areas at the surface etc. *Left*: Inshore area. *Right*: Off-shore area. The *numeral beside the circle* indicates st. no.

固定區域のとり方　初めに考える固定域區の定め方により、黑潮・親潮各水域の占める面積は變化するが、南北方向に固定區域を擴げても常數に近い値が附加され、從つて面積を固定區域に對する百分率で表わす場合には殆んど1次變換に留まるのみで、相對的變動傾向には變りはない。また東西方向に固定區域を擴げる場合には多少傾向が異なるが、150°E以東の調査が廣汎に實施された年は僅かであるからこれ以上範圍を擴げて論ずることは無理である。また146°E以西の近海區域を設けた譯は、戰後この區域のみを對象として觀測が實施された場合が多いからである。

黑潮水域・親潮水域の面積は、上記固定區域の中で100 m層水溫が15°C以上の部分と5°C以下の部分を經緯度10分の桝目を單位として勘定することにより決定した。これは8月の水溫値に對する統計量"t"の鉛直分布（第5圖）を見ると、各前線ともに100m層附近で大きな値を示す（"t">11）ので、觀測點分布が密である8月の場合には、100 m層水溫圖1枚により黑潮前線・親潮前線の位置を大體示し得られ、從つて兩水域の面積が測定され得ることによる。またいうまでもなく、15°C及び5°Cの等溫線はそれぞれ黑潮・親潮前線の代表等溫線に近いものである。尙これらの面積は、實體的な意味を離れて、現象的に東北海區中層水溫の高低をも表わしている譯である。また孤立水塊の部分は、第9圖において黑く塗りつぶさぬままにしておいた。

黑潮水域の146°E以東の調査は戰後殆んど實施されていないので、146°E以西の近海區域を對

象にして、黒潮前線の南北偏（第7圖）と比較すると、兩者は大體相似した變動傾向を辿つている。更に1950年以降には黒潮水域の大きい年が續き、特に1953年は凶冷年にも拘らず、近海區域でも沖合を含めた場合でもかなり大きい値を示している（第9圖）。

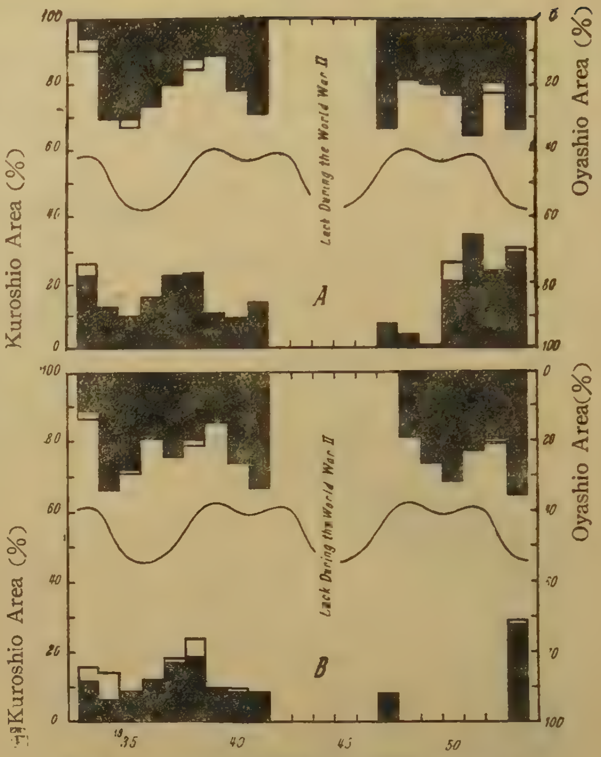
次に親潮水域について見ると、近海區域ではその變化傾向が8月における親潮前線の南北偏（第7圖）に大體相似しているが喰い違う場合もある。

前線の南北偏と各水域の面積の變動の間の喰い違いが起る譯は次の通りである：

前線の著しい彎曲

觀測點分布密度の小さい所では等溫線の位置に任意性があること

前線の南北偏は1次元的に表現してあるのに反して、各水域の面積は2次元的に表現されるために誤差が擴大されること



第9圖　8月における黒潮水域と親潮水域の面積

孤立した部分は黒くぬりつぶさぬままにしておいた。圖中の曲線は沿岸水温から推定された4年半周期（夏季）と9年周期（冬季）の合成周期曲線（畑中、1952）。

（A）近海區域の場合.　（B）沖合區域をも含めた場合.（第8圖參照）

Fig. 9　The Kuroshio Area and the Oyashio Area measured in the framed area (fig. 8) in August. *Open histogram* corresponds to the isolated area. The *middle curve* shows the resultant curve of the 4.5 years periodicity (fig. 7, *lower*) and the 9 years periodicity (estimated from the water temperature in winter at 4 coastal stations situated along the Pacific Coast of the North-Eastern Region of Japan) curves (after Hatanaka, 1952).

(A) Measured in the inshore area.　(B) Measured in the total area. (Fig. 8)

更に親潮水域の面積の消長は9年周期曲線（IV (1)）よりも、それと4年半周期との合成曲線（畑中, 1952; 第9圖中央の曲線）に相似した傾向を辿つている。もつとも1951年においては近海區域（第9圖上）では差が甚だしいが、沖合をも含めた場合（第9圖下）では大體一致する。また1936年においては逆に後者より前者において良く一致する。從つて8月における親潮水域の消長は純粹な9年周期（これが實在することは沿岸水溫のみならず他の氣象現象においても認められている；田島, 1945–46, 1951; 島田, 1947 a, b; 高橋, 1951）の形で現われずに、混合水域を媒介として黒潮の影響が加わつているものと考えられる。

次に凶冷年である1934, 1935, 1941, 1953の各年には、いずれも親潮水域の面積は大きい（第9圖下）。しかし逆に親潮水域の面積が大きくても必ずしも凶冷にはならず、表面水溫のみが平年

より著しく高い場合（たとえば 1950 年）もあるが、これについては次節（IV (3)）において述べる。

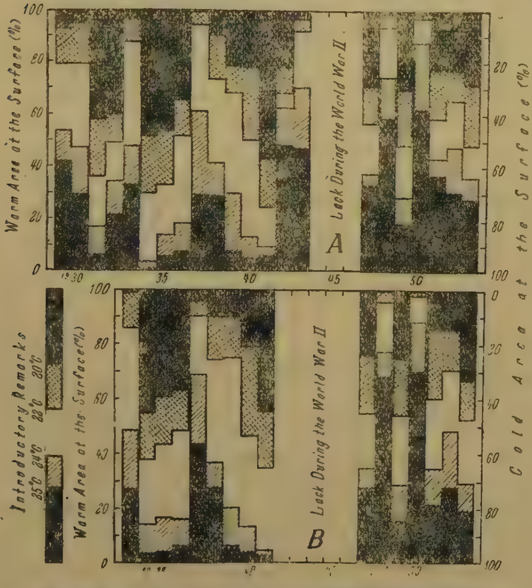
8月における黒潮水域と親潮水域の面積の變動間には、黒潮前線・親潮前線の南北偏の場合と同様に、直接的な關係は認められない。このことはこれらが互いに影響を及ぼすには混合水域を媒介としなければならぬことを考えれば明らかである。

(3) 夏季における表面水溫の變動

(A) 8月上旬における表層高溫域・表層低溫域の經年變化

外洋の表面水溫の高低を表わすには、旬別累年平均等溫線からの偏差を海圖上に描く方法が現今用いられている。ここで筆者は黒潮水域・親潮水域の面積を測つたと同様な方法により、外洋の表面水溫の高低を次に表現してみる。もちろん夏季においては表面等溫線により前線を代表させることは好ましくないので（III (2) (D) (b)）、表層高溫域、あるいわ表層低溫域を何度以上、何度以下と定めるべき判然とした物理的基準はない譯である。從つてここでは 8 月における釧路正南の表面水溫の特性値として、次に揭げる値を以て一應の基準とする。

黒潮前線中軸における累年平均表面水溫値 ……………………………24.8°C（第 8 表）



第 10 圖　8 月上旬における表層高低溫域の面積
（A）近海區域の場合（B）沖合區域を含めた場合（第 8 圖參照）
Fig. 10 The warm and cold areas at the surface measured in the framed area (fig. 8) in the first decade of August.
(A) Measured in the inshore area.
(B) Measured in the total area.

黒潮前線近傍の表面潮境中軸における累年平均表面水溫値 ‥‥24.6°C（第 3 表）

親潮前線中軸における累年平均表面水溫値 ………………19.5°C（第 8 表）

親潮前線近傍の表面潮境中軸における累年平均表面水溫値 ‥‥19.4°C（第 3 表）

以下においては、これらの特性値に近い表面水溫 25°C 以上及び 20°C 以下の區域をそれぞれ 8 月における東北海區の表層高溫域・表層低溫域と考えることにする。

第 10 圖には、8 月上旬にこれらの高低溫域が固定區域（第 8 圖）の中で占める面積の經年變化を示した。また參考として表面水溫 24°C 以上及び 22°C 以下の部分の面積も併せて示した。この結果を要約して述べると：

1）8 月上旬に表層高溫域の大きい年は 1929, 1930, 1933, 1937, 1938, 1942, 1943, 1947, 1948, 1950, 1952 の各年

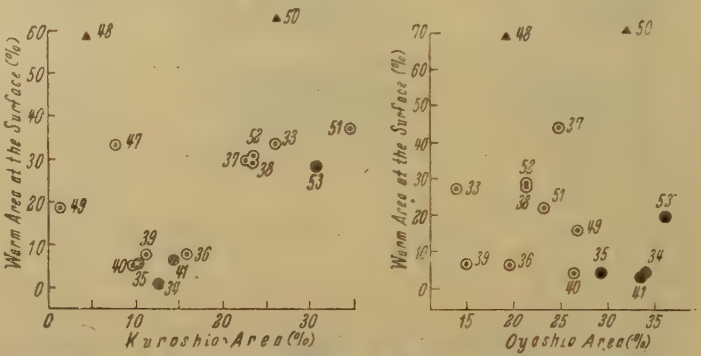
8 月上旬に表層低溫域の大きい年は

1931，1932，1934，1935，1941，1953 の各年

2）これらの高溫年・低溫年は 2～3 年の持續性をもつて起きている。また高溫年における表層高溫域の面積は最近 20 年間においては次第に増加している傾向があるらしい。これとともに低溫域の面積は戰後著しく大きい値を示していない。

3）凶冷年であつた 1931，1934，1935，1941，1953 の各年の 8 月上旬には、表層低溫域の面積は一般に大きい。しかし 1953 年には近海區域だけを考えた場合には餘り大きい値を示さなく、沖合をも含めた場合に大きい値を示している。

次に第 9 圖と第10圖とを比較すると、表層高溫域の面積は必ずしも黑潮水域の面積に比例しないし、また親潮水域の面積に逆比例もしない。このことはこれらの關係を相關圖的に示した第11圖に、より明白に現われている。第11圖左は固定區域を近海に限つた（沖合黑潮水域の資料は戰後缺けているためである）場合の黑潮水域と表層高溫域の各面積間の關係を示しているが凶冷年においては必ずしも黑潮水域と表層高溫域の面積が小さくなることはない。また 1948 年には黑潮水域の面積が小さいのにも拘らず、表層高溫域の面積が著しく大きいことは特徴的である。第 11 圖右は沖合區域をも固定區域に含めた場合の親潮水域と表層高溫域の各面積間の關係を示しているが、1950 年には親潮水域の面積が凶冷年並みに大きいのにも拘らず、表層高溫域が最高の面積を示している。即ち 1948 年と 1950 年の表面水溫は、下層水溫に比べて著しく高溫である。このことは構造的に考えると、**夏季の東北海區においては著しく發達した飛躍層（北部で 10～25 m 深、南部で 25～50 m 深）を境界として、それより上層と下層の海水は互いに無關係な變動をなす**ことを示している。もちろん完全に無關係ではなく、上層水溫が下層水溫より高い條件（鉛直安定條件）が滿足されている。



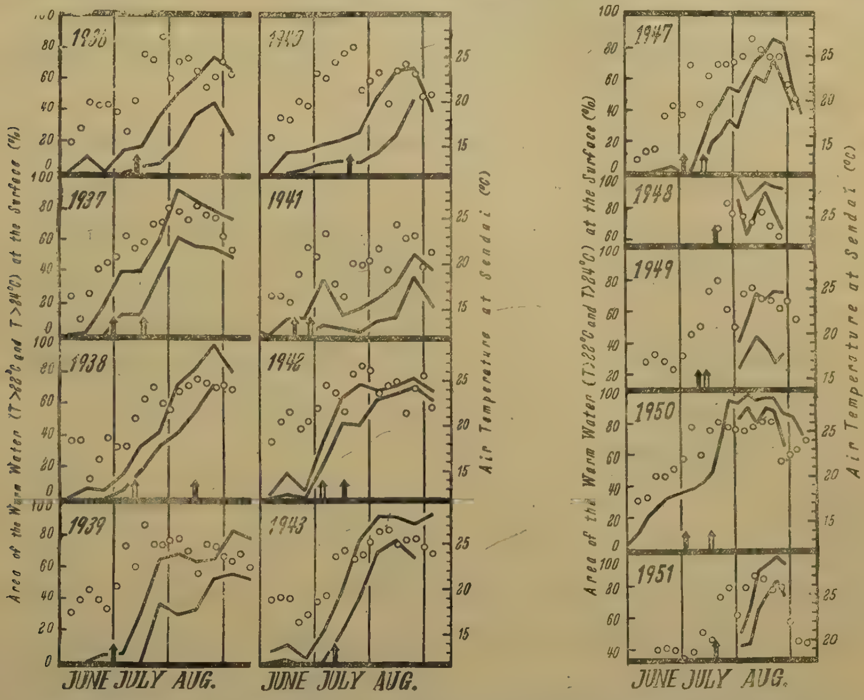
第11圖　左：8 月における黑潮水域と表層暖水域の關係（近海區域の場合）．**右：8 月における親潮水域と表層暖水域の關係**（沖合區域をも含めた場合）．圖中のマークのそばの數字は西曆年（19--）を示す。

Fig. 11　*Left* : Relation between the warm area at the surface and the Kuroshio Area in the inshore area (fig. 8) in August. *Right* : Relation between the warm area at the surface and the Oyashio Area in the total area (fig. 8) in August. The *numeral beside the mark* indicates the year (19--). *Solid circle*: Cool summer in the North-Eastern Region of Japan. *Triangle* : Extraordinary spread of the warm surface water in summer.

1948 年・1950 年のような年には黑潮前線・親潮前線の近傍にやはり表層の潮境が存在するかどうかについては適切な資料がないために不明である（III (1) を參照）。

（B）夏季における表面等溫線の北上・南下と氣象要素との關係

前節(A)では8月における場合を論じたが、春から夏にかけての東北海區表層暖水の見かけ上の張出しについて以下に論ずる。4月から7月までの釧路正南の縦斷觀測は殆んど實施されていないので、8月のように表面水溫の特性値(IV(3)(A))を求めることはできなく、表層暖水が何度以上の水溫を示す部分であるかを決めるべき物理的基準はない。しかし黑潮前線に關する表面水溫の特性値は、第3表及び第8表より、冬(1月〜3月)の平均として14°C, 8月の平均として25°Cが求められ、春から夏にかけての特性値がこの2つの値の間にあることは確かである。從つて第12圖には、固定區域を近海に限つた場合における表面水溫22°C以上及び24°C以上の面積の旬別變化(戰後の分は半旬別)を示したが、これは單なる見かけ上の現象的記述に留まるものである。



第12圖　近海區域(第8圖)における見かけ上の表層暖水が擴がる過程と仙臺における氣溫及び梅雨明けの時期との關係. 上の實線は表面水溫22°C以上，下の實線は24°C以上の部分の面積(%). 白丸は仙臺における半旬平均氣溫。黑い矢印はオホーツク海高氣壓の張出し狀態に基づいた梅雨明けの時期、白い矢印は實際の天氣から求められた時期で前者と一致する場合には省略した。

Fig. 12 Apparent spreading process of the warm surface water in the inshore area (fig. 8) and its relation to the air temp. at Sendai and the date of "Baiu-ake" (the passing of the rainy season in Japan). *Upper solid line* : Area of the warm water ($T>22$°C). *Lower solid line* : Area of the warm water ($T>24$°C). *Open circle* : Air temp. (mean in a half decade) at Sendai (38°16′N, 140°54′E). *Solid arrow* indicates the date of the passing of the rainy season based on the state of the Okhotsk anticyclone, and *open arrow* is based on the actual weather. When the *latter* agrees with the *former*, the *latter* is not marked.

これとともに半旬平均氣溫(仙臺)及び梅雨明けの時期をも示しておいた。黒い矢印は豫報當番者用氣候表(中央氣象臺，1951)によつた梅雨明けの時期であるが、これはオホーツク海高氣壓が三陸沖に張出して、梅雨前線が本州南岸に停滞している期間までを梅雨としているので、實際の天氣現象に一致せぬ場合がある。そこで一方氣象要覽（中央氣象臺，月刊）によつて東北地方における梅雨明けの時期を求めて2重の矢印で示した。但し前者と一致する場合には矢印を省略した。

表面等溫線の22°C及び24°Cの値を選んだ譯は、上述したように冬の特性値と8月の特性値の間にあるということの他に、これらの値がカツオの適水溫範圍に入るために、これらの溫度範圍の水域の資料が旬別に等溫線を描きその面積を測り得る程多量に得られているからである。1936年から1947年までの9年分はカツオ漁場圖集（木村喜之助，1949）の等溫線によつて測つた面積を示す。それ以降の分は黒田隆哉・永沼璋の兩氏が主として作製された等溫線原圖を參考にした。ここに兩氏に對して厚く御禮を申上げる。

仙臺の半旬平均氣溫は仙臺管區氣象臺半旬期累年原簿によつた。東北地方凶冷の代表的氣溫觀測地は宮古であり、仙臺・石巻はこれに次ぐ地點と考えられる（北澤，1939）。

第12圖によると、22°Cと24°Cの各等溫線の間隔は盛夏に近ずくにつれて擴がる年が多いが、大まかに見て兩者とも同一の傾向を辿ることから、これらの等溫線の北上・南下は外洋における表層暖水の見かけ上の北上・南下を代表していると考えられる。梅雨期（6月頃）には一時的な暖水の南退、あるいわ北上速度の減少が多くの年に現われている。實際に金華山東方100浬點及び300浬點における表面水溫（福岡・遊佐，1952）にも明らかに下降が認められる(これは表面だけでなく200m層深に及んでいるかも知れない。即ちこの原因がadvectionの影響と考えられるかも知れない)。これらの事實を參考にして、東北海區の表層暖水の見かけ上の北上・南下について、次のような**海洋季節の區分**ができる。

春季北上期（4月・5月）：春先（3月頃）の最も表面水溫の低下する時期から、しばらくして急激な見かけ上の暖水の北上が始まり、梅雨入り前後まで續く。

梅雨停滞期（6月）：梅雨期間中に一時的に暖水が南退するか、あるいわ北上速度が鈍る。

初夏北上期（7月）：梅雨明け前後から再び急激な北上が始まる（第12圖に示した2重の矢印これがない年は黒くぬりつぶした矢印の頃)。この時の暖水の北上速度が盛夏の表面水溫の高低を支配する直接的契機である。凶冷であつた1941年にはこの北上期が極めて短く、7月中旬では逆に暖水は南退している。

盛夏期（8月～9月上旬頃)：表面等溫線が一般に最も北に寄る時は、多くの年においては8月下旬であるが、年によつては8月上旬（例えば1937年)、9月上旬（例えば1939年)になることもある。これらの時期の前後をさす。

秋季南下期（9月中旬頃～11月)：夏型の氣壓配置が崩れ、台風の襲來の多い時であり、一荒れ毎に水溫は降下する。

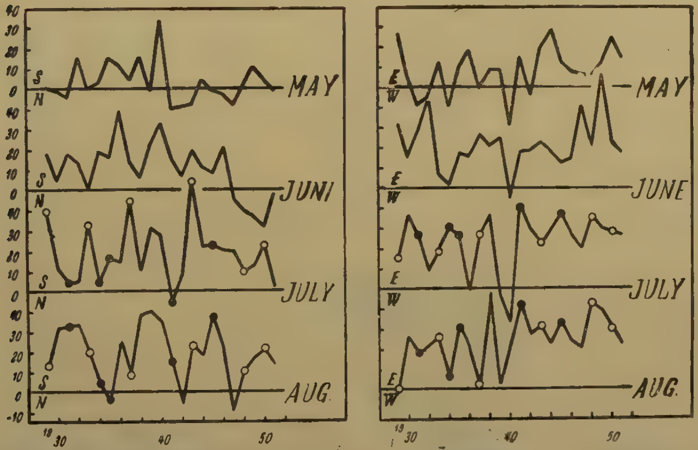
第12圖は9月上旬までしか示してないが、1950年以降の漁況速報(東北海區水產研究所)により半旬期毎に調べると、最近4年間には11月上・中旬頃に、南方より暖水が急激に北上・接岸す

る現象が認められる。これは冬季（2月～3月）に生ずる暖水の北上と同様に、金華山東方100浬及び300浬點においても認められる（福岡・遊佐, 1952）。従つて**秋季小北上期**及び**冬季小北上期**なども考えられるが詳細は省略する。また春季北上期と初夏北上期とでどちらが急激かということについてはこの資料では論ぜられないが、宇田（1930–31）によれば東北海區においては表面水溫の1ヶ月間の上昇度は7月～8月よりも4月～5月、5月～6月においてやや著しい。

次に暖水の見かけ上の北上と氣溫の變化とを比較すると（第12圖）、1940年7月（福岡, 1951）以外においては大體同一傾向を辿つている。石巻における平均風向の西分を調べると、1940年5月～7月においては他年同明に比較して著しく大きい西分値を示している（東分が小さい。第13圖）。實際に大正初め（1913年）よりの記録全部にあたつてみても、6月に平均風向が西分に正の値を示した年は1940年のみであり、7月では1940, 1939, 1936年の順にこの3ヶ年のみが西分に正の値を示している。このように平均風向が西偏していることは、陸上の氣溫が海水溫の影響を殆んど受けなかつたことを示している。1936年7月にも平均風向の異常に對應してこの傾向が認められる。

平均風向の計算は風向別觀測回數（風向別風速の合計によつても結果は同様である）を vector とみなしそれらを合成することにより平均を求めた（中央氣象臺, 1940）。この計算は1948年以降現業より除外されたので、石巻測候所氣象年表原簿により筆者が計算した。

次に平均風向の南北成分（第13圖左）を見ると、高溫年には概して7月の南分が大きく、凶冷年には小さい。更に圖には示されていない凶冷年の1913年（大正2年）7月の北分も +5.2（1日3回觀測に換算）で、1941年（+5.7）に次ぐ大きい値である。6月及び8月における風向は殆んど夏季の表面水溫の高低に關係はない（堅田・龜田・玉木, 1939）。このように7月の平均風向の南分は概して盛夏季の東北海區の表面水溫の高低に關係はあるが、異常高溫であつた1948年•1950年の7月においては南分はそれ程大きくない。これをもつと詳しく調べるために、各成分に分けずに平均風向vectorとして示した第14圖を見ても7月においては、著しい高溫

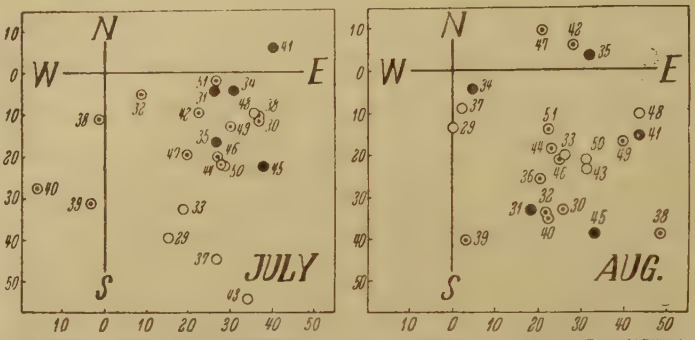


第13圖　石巻（38°26′N, 141°19′E）における風配圖の vector 平均の南北・東西兩成分. 白丸：夏季の表層高溫域の大きかつた年. 黒丸：東北凶冷年. 上記の兩成分は1日3回觀測に換算してある（1ヶ月 90–93 回）.

Fig. 13　North-south and east-west components of the vectorial mean of the wind rose (three times obsevations a day) at Ishinomaki (38°26′N, 141°19′E). *Open circle*: Wide spread of the warm surface water in summer. *Solid circle*: Cool summer in the North-Eastern Region of Japan.

年である1948年・1950年の平均風向 vector の位置は、凶冷年の平均風向 vector（N/E〜ESE に集中）と高温年のそれ（ESE〜SSE に集中）との重なり合う所にある。8月の平均風向によれば一層高温年・低温年の區別はできない。

以上述べたことを要約すると、**盛夏季外洋における表面水温の高低は、梅雨明け前後より始まる表層暖水の北上狀態により直接的に支配される。この暖水の北上は7月の南東風による皮流としての性質を多分に有しているが、風のみでは完全に說明され得ない。更に考慮すべき要因として、東北海區北部近海に出現する大規模な孤立暖水塊（時計廻りの渦）による作用が加わつていると考えられる。**異狀高溫年である1948年・1950年には、次に述べるように孤立暖水塊がはつきりと存在していた。

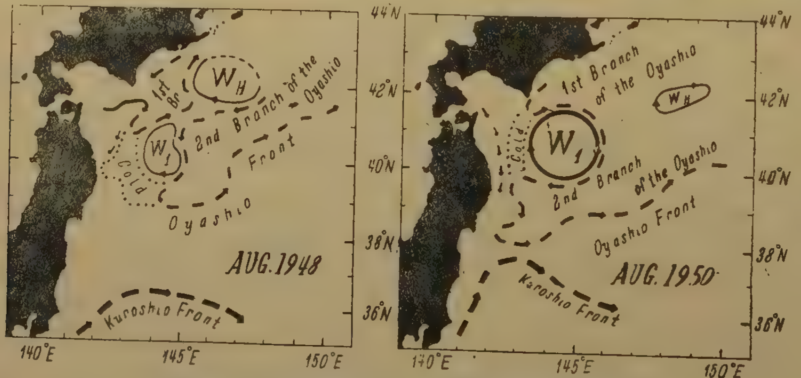


第14圖　石巻における風配圖の vector 平均値． 白丸：夏季の表層高温域の大きかつた年．黒丸：東北凶冷年．圖中のマークのそばの數字は西暦年（19—）を示す。

Fig. 14　The vectorial mean of the wind rose at Ishinomski. *Open circle*: Wide spread of the warm surface water in summer. *Solid circle*: Cool summer in the North-Eastern Region of Japan. The *numeral beside the mark* indicates the year (19—).

1948年8月には北海道南東近海に巨大な孤立暖水塊（第15圖左の W_H）が存在している。100m 層ではこの暖水塊の内側の水溫は 10°C 以上で、外側には 2°C 以下の純親潮中層水がこれを圍み銳い潮境をその境界に伴つている。

1950年8月には青森縣鮫角東方近海に著しく大規模な孤立暖水塊（第15圖右の W_1）が存在しその深度は 400 m 以深にまで達している（庄司，1951）．100 m 層ではこの暖水塊の內側の水溫



第15圖　北部近海にできた巨大な反時計廻りの渦

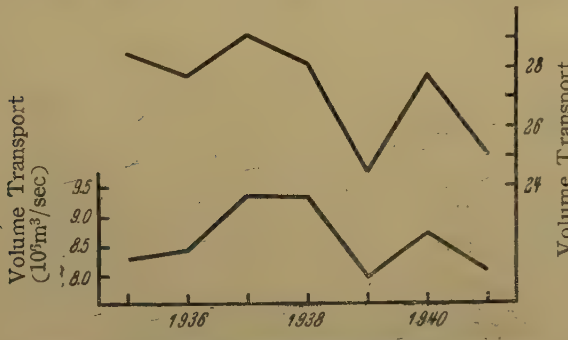
Fig. 15　Gross anticyclonic eddy in the northern adjacent waters.

は 15°C 前後で、その外側には矢張り 2°C 前後の親潮中層水がこれを取圍み、境界には著しい潮境を保つている。この西側は 100 m 層で 6°C 以下の冷水により、10°C 以上の津輕暖流系水と分離されている。各種の資料を整理してみると、この孤立暖水塊は 1949 年秋には存在せず、1950 年 5 月には明らかに存在しているが、黒潮水域からは完全に孤立せずに細いくびれを伴つて連絡している。しかし 6 月末には親潮第 2 分枝により、黒潮水域からは完全に孤立した。その後孤立狀態を保つたまま 9 月頃までは確かに存在していた。またこの孤立暖水塊が出現する過程について述べると、1950 年 3 月・4 月頃に生じた黒潮前線の突出部が著しく彎曲するとともに、親潮第2分枝が沖合の方から南西に入りこみ、これにより黒潮水域より切離されたものである。

以上のように下層では明らかに孤立して暖水塊が存在している時でも、夏季には表層暖水が親潮第2分枝の上部を乘り越えて孤立暖水塊の上部にまで連絡し、更に沖合にまで擴がつている。この形は丁度 Palmén により描かれた切離低氣壓發生前後の子午斷面中の極氣塊の厚さの高度分布圖の上下を逆にしたような形である(正野•岸保•笠原, 1952)。暖水塊が孤立していても仲々消滅せずに存在する理由の一つとして、このような形で表層から energy が補給されることが考えられる。

(4) Volume transport と黒潮前線の南北偏との關係

第10表には釧路正南の子午斷面を横切つて流れる geostrophic current としての volume transport (600 decibar 面基準) の東向成分を示した。東向流の幅としては、黒潮前線の南側の海面の geopotential topography の最高部から黒潮前線の北側の最低部までを考えた。但し黒潮前線と親潮前線の中間に海面の geopotential topography の緩やかな勾配の部分があつても、凹形の最低部が認められない場合には、親潮前線の北側までを計算する範圍とした(1936年 2 月, 1938 年 3 月, 1939 年 8 月)。Total volume transport は (25～31)•$10^6 m^3/sec$ で、潮岬沖における値 (20～40)•$10^6 m^3/sec$ (1000 decibar 面基準; 增澤, 1952) と殆んど同程度であるが、前者では基準面が淺いことを考慮すると、東北海區におけるものが潮岬沖のものより決して小さくはないと考えられる。



第16圖 8 月における釧路正南線を横斷する volume transport の東向成分. 上は0–600m. 下は 0–100m.

Fig. 16 Eastward component of the volume transport across the meridian of 144°20′E in August. *Upper* : 0–600m. *Lower* : 0–100m.

また短期間にかなり不規則的に變動するので季節的變化傾向を明らかにすることはできない(宇田, 1951; Fuglister, 1951 b) 各年の 8 月の分 (7 月下旬の分も含む)についてのみ考えると、表面から 600 m 層までの total よりも、100m 以淺の層のものが、黒潮前線の南北偏と大體同一傾向を辿つている (第 16 圖)。これは高層大氣の jet stream 軸が北偏する程北半球の子午斷面

第 10 表　釧路正南線を横斷する volume transport の東向成分
Table 10 Eastward component of the volume transport across the meridian of 144°20′E

Date		St.	North Latitude	Volume Transport (millions of m^3/sec)				
				0～50m	0～100m	0～200m	0～600m	100～200m
Feb.	1935	5～9	37.0°	3.94	7.55	13.83	24.98	6.28
Mar.		6～9	36.5°	4.44	8.62	15.98	28.54	7.36
July		5～8	36.5°	4.24	8.28	15.42	28.51	7.14
Nov.		7～10	36.5°	4.50	8.58	15.17	25.50	6.59
Jan.	1936	5～8	36.5°	4.71	9.14	16.98	31.28	7.84
Feb.		6～11	36.5°	4.49	8.62	15.79	28.80	7.17
Mar.		6～8	37.0°	4.08	7.90	14.57	26.07	6.67
Aug.		5～8	36.5°	4.41	8.44	15.39	27.72	6.95
Nov.		5～10	36.5°	4.76	9.14	16.50	29.23	7.36
Jan.	1937	5～11	36 5°	4.17	8.02	14.64	26.26	6.62
Mar.		6～9	37.0°	4.24	8.31	15.81	30.97	7.50
Aug.		7～12	37.5°	4.95	9.35	16.65	29.08	7.30
Mar.	1938	7～12	37.5°	4.78	9.16	16.75	30.56	7.59
Aug.		7～11	38.0°	4.93	9.33	16.56	28.14	7.23
Nov.		8～10	38.5°	4.31	8.34	15.12	26.12	6.78
Aug.	1939	7～12	37.5°	4.25	7.96	14.10	24.49	6.14
Aug.	1940	6～8	36.0°	4.60	8.72	15.74	27.73	7.02
Nov.		7～10	37.5°	4.35	8.40	15.30	27.25	6.90
Aug.	1941	6～9	36.5°	4.27	8.09	14.52	25.02	6.43

を横切る total momentum が減少することに比べると、興味深い現象である(Kasahara, 1950; 正野・岸保・笠原, 1952)。

V. 結　　語

以上述べてきた所に力學的考察を缺く箇所が多いのは筆者の遺憾とする所であるが、現在のこの學問の發展段階においては、海洋の質體的構造を明らかにするという方向に向つて現象を記述することが基礎的にもまた應用的にも重要であると考えられる。また本報告においては東北海區だけを切りはなして論じたが、これは當然海洋大循環論的な視野にたつて考察されなければならない。即ちここでは黒潮前線または親潮前線の變動を或る與えられたものとして論じてきた譯であるが、これが大循環論とまではいかなくても、隣接海區の海況または氣象とどのような關係にあるのかを明らかにすることが、さしあたつて重要である。たとえば黒潮前線が4年半前後の周

期で南北偏する現象と、北太平洋の中緯度高氣壓の季節的南北偏の振幅が 9 年周期をもつて變化する現象（田島，1945–46, 1951）との間には如何なる相互作用があるのか。また黑潮前線の南北偏と紀南沖冷水塊との關係、潮岬沖の黑潮流量または流軸の位置との關係を明らかにしなければならない。これらがはつきりした時に初めて黑潮勢力・親潮勢力というような漠然たる概念に具體的に明確な、更に進んでは力學的な意味を與えることができるのではなかろうか。

次に氣象・水產に大きな影響を及ぼす夏季における表層暖水の北上現象を支配する要因としては、比較的に規則的變動をなす前線の南北偏、比較的に不規則的變動をなす前線の meandering により生ずる孤立水塊、及び梅雨明け以後の風の效果が主なるものとして考えられることを述べたが、これらの相互作用をより詳しく追跡することが今後の問題である。

第 2 次大戰後高層氣象觀測網が世界的に充實され、大氣大循環論は理論的にも實證的にも目覺ましい變貌を遂げつつある。V. P. Starr によれば、氣象學は天文學の Kepler 時代にあるといわれている。海洋學が如何なる發展段階にあるかということはさておき、東北海區の海洋觀測が勞力の酷使の割に餘り成果があがらないのは、觀測方法・技術に何ら質的な變化がもたらされておらず、ただマンネリズム的に觀測が實施されているためである。これを打開するには、從來の觀測資料を海洋の實體的構造を明らかにするという立場にたつて整理し、何が不足しているかを明らかにすること、及び海洋構造を明らかにするように時空的觀測點を選び新しい測器を用いて一齊海洋調査を實施することが必要である。(1954年7月)

VI. 要　　約

(1) 東北海區における極前線帶は 2 筋の强流帶からなる。筆者はこれらに黑潮前線・親潮前線の名稱を與えた。この 2 前線により東北海區は黑潮水域・混合水域・親潮水域の 3 部分に大別される。黑潮前線に沿つては warm core・外側低溫帶・內側低溫帶などが現われ、著しい帶狀構造を示す時がある。また各前線の著しい彎曲の結果、孤立水塊が切離・生成される。

(2) 1935 年から 1941 年までの釧路正南線の資料を整理して黑潮前線・親潮前線の位置を定めこれに對する表面潮境の位置のずれを見ると、大部分は 50 浬以下に留まつている。調べた期間では、特に夏にだけずれ方が著しいことは認められない。表面潮境における水溫の南北傾度は冬季に最大となる。

(3) 各前線の兩端における平均的 T-S 關係を求め、黑潮根幹水・親潮根幹水を定義した。冬季以外の季節には、この根幹水の上部に高溫・低鹹な上層水が見られる。またこの下部には北太平洋貧酸素層が存在する。

(4) 釧路正南線において、各前線の兩端における各物理量の分散及び兩端の間の各物理量の平均差を求め、海洋構造と結びつけて考察した。主なる結果のみを述べると、分散は夏・冬ともに

100～400 m 層の範圍では混合水域側の點で大きい値を示す。また平均差は一般に黒潮前線では 100～400 m の中層に、親潮前線では 100 m 以淺の上層部に max. を示すことが多い。

(5) 强流帯附近では平行 solenoid の法則が成立するので、前線の代表等量線を求めた。代表等量線の適否の基準として、統計量 "t" を考慮した。また代表等量線としての等溫線が實際に各前線とどの程度一致するかを調べると、期待された通り統計量 "t" の大きいもの程良く一致する。水溫に對する "t" は夏・冬ともに黒潮前線では 400 m 層に、親潮前線では 50 m 層に max. の値を示す。塩素量・σ_t の場合もこれに準ずる。

(6) 釧路正南線における黒潮前線の南北偏の振動範圍は犬吠崎東方から金華山東方に至る區域、親潮前線のそれは襟裳岬東方から金華山東方に至る區域に及んでいる。黒潮前線の南北偏には季節的變動が殆んどなく、經年的に4年半前後の周期を辿つて變動している。これが夏季の東北海區南部沿岸水溫に見出される4年半周期現象の實體である。親潮前線の南北偏には季節的變動が著しく、この斷面のみによつては明らかな周期を見出し難い。

(7) 8月における黒潮水域・親潮水域の面積の變動間には、黒潮前線・親線前線の南北偏の場合と同様に、直接的な關係は認められない。これらが互いに影響を及ぼすには混合水域を媒介としなければならない。また8月における黒潮水域・親潮水域と表層高低溫域のおのおのの面積の經年變化の間には比例的關係が認められない。從つて夏季の東北海區の表面水溫の高低は下層水溫のみによつては說明できない。親潮水域の面積が大きくなる時には凶冷が起きる危險性がある。

(8) 東北海區の表面等溫線の北上・南下を記述することにより、東北海區の海洋季節の區分を試みた。またこれと陸上の氣溫・梅雨明けの時期・平均風向との關係を調べた。盛夏季の表面水溫の高低に直接的に關係するのは初夏北上期（7月）における表層暖水の北上速度であり、これと7月の平均風向の南北成分との間には密接な關係があるが、これのみによつては完全に說明され得ない。これに對しては東北海區北部に出現する大規模な孤立暖水塊（時計廻りの渦）の作用も併せ考えなければならない。

(9) 釧路正南の子午斷面を横切る黒潮前線に沿つての total volume transport は、潮岬沖におけるものより決して小さくはない。更に黒潮前線が南偏する時には、夏季の 100 m 層以淺の volume transport が小であり、北偏する時は大である。しかし夏季以外の季節については、資料が斷片的であるために何ともいえない。

参　考　文　献

中央氣象臺 (1940). 氣象觀測法. 東京

——————— (1951). 豫報當番者用氣候表. 東京

Defant, A. (1929). Dynamische Ozeanographie. Einführung in die Geophysik III. Berlin

Fuglister, F. C. (1951 a). Multiple currents in the Gulf Stream System. Tellus, vol. 3, no. 4

——————— (1951 b). Annual variations in current speeds in the Gulf Stream System. J. Mar.

Res., vol. 10, no. 1
———— & Worthington, L. V. (1951). Some results of a multiple ship survey of the Gulf Stream System. Tellus, vol. 3, no. 1
福岡　二郎 (1951). 北海道襟裳岬東沖の海況に就て. 中央氣象臺海洋報告, 第2卷, 第1號
————・遊佐　剛 (1952). 東北海區の海況變動の一例. 日本海洋學會誌, 第8卷, 第1號
秦　　克巳 (1953). 津輕暖流の東北海區に及ぼす影響及び水塊の年變動について. 第3回東北海區海洋調查技術連絡會報告 (抄錄). 鹽釜
畑中　正吉 (1952). 海況の變動に關する漁業生物學的研究. 東北水研研究報告, 第1號
Haurwitz, B. & Panofsky, A. (1950). Stability and meandering of the Gulf Stream. Trans. Amer. Geophys. Un., vol. 31, no. 5
速水頌一郎・川合英夫 (1950). Helland-Hansen Ekman の定理について. 日本海洋學會年會 (1950年4月, 東京) にて講演
Iselin, C. O'D. & Fuglister, F. C. (1948). Some recent developments in the study of the Gulf Stream. J. Mar. Res., vol. 7, no. 3
Kasahara, Akira (1950). On the dynamical mechanism of the high tropospheric jet stream. Geophys. Notes, vol. 3, no. 31
堅田　誠一・龜田　董・玉木　章夫 (1939). 舘野風速及び北太平洋海水面温度と東北 7, 8月氣溫との相關. 氣象集誌, 第2輯, 第17卷, 第7號
川合　英夫 (1953). 極前線の移動と凶冷との關係. 第3回東北海區海洋調査技術連絡會報告 (抄錄). 鹽釜
木村喜之助 (1949). カツオ漁場圖集. 東京
岸人　三郎 (1940). 太平洋の海水層重狀態と深層水に就て. 水路要報, 第19年, 第11號
北澤　貞雄 (1939). 東北地方に於ける8月の氣溫の異常低冷と緯度變化との關係に就て (第2報). 氣象集誌, 第2輯, 第17卷, 第7號
Masuzawa, Jôtarô (1950). On the intermediate water in the Southern Sea of Japan. Oceanogr. Mag., vol, 2, no. 4
增澤讓太郎 (1951). 東北海區の中層水について (第1報). 中央氣象臺海洋報告, 第2卷, 第1號
———— (1952). 潮岬沖における黒潮流量の一計算. 中央氣象臺海洋報告, 第2卷, 第2號
Nannichi, Toshio (1951). On the fluctuation of the Kuroshio and the Oyashio. Pap. Meteor. Geophys., vol. 2, no. 1
Rossby, C.-G. (1951). On the vertical and horizontal concentration of momentum in air and ocean currents. Tellus, vol. 3, no. 1
Shigematsu, Ryôichi (1932). Some Oceanographical Investigation of the Results of Oceanic Survey carried out by H. I. J. M. S. Mansyû from April 1925 to March 1928. Records of Oceanogr. Works in Japan. vol. 4, no. 1
島田　　收 (1947 a). 氣溫の9年周期と季節豫報の一例. 東北地方長期豫報研究會報, 第7年, 第9號
———— (1947 b). 氣溫の9年周期に就て (Periodgram による氣溫の周期分析). 東北地方長期豫報研究會報, 第7年, 第9號
庄司大太郎 (1951). 日本近海における海流の變化. 水路要報, 第25號
正野　重方 (1953). 新しい大氣大循環論 I. II. 科學, 第23卷, 第7–8號
————・岸保勘三郎・笠原　彰 (1952). 上層大氣中のジェット・ストリーム. 科學, 第22卷, 第5號
Snedecor, G. W. (1946). Statistical methods. Iowa
Spilhaus, A. F. (1940). A detailed study of the surface layers of the ocean in the neighbourhood of the Gulf Stream with the aid of rapid measuring hydrographic instruments. J.

Mar. Res., vol. 3, no. 1

Suda, Kanji (1936). On the dissipation of energy in the density current (2nd paper). Geophys. Mag., vol. 10, no. 2

Sverdrup, H. U. et al. (1942). The oceans. New York

田島　節夫 (1945–46). 中緯度高氣壓の動靜と季節豫報（その 1–6). 東北地方長期豫報研究會報

Tajima, Setsuo (1951). On the meridional oscillation of anticyclone of horse latitudes in Japan and its effect on the weather. Geophys. Mag., vol. 22, no. 2

高橋浩一郎 (1951). 長期豫報（岩波全書）

竹内　能忠 (1950). 海況豫想の方法について. 中央氣象臺海洋報告，第1卷，第4號，p. 222-225

宇田　道隆 (1929). 黑潮流域下に於ける海水の層重狀態. 海と空，第9卷

——— (1930–31). 日本近海各月平均海洋圖（第1–2報). 水試報告，第1–2號

——— (1933). 黑潮と親潮の平年各月海況. 水試報告，第3號

——— (1935 a). 昭和8年盛夏に於ける北太平洋の海況. 水試報告. 第6號

——— (1935 b). 東北海區に於ける中冷水の分布. 成因・運動に就て. 海と空，第15卷，第12號

Uda, Michitaka (1938 a). Researches on "Siome" or current rip in the seas and oceans. Geophys. Mag., vol. 11, no. 4

宇田　道隆 (1938 b). 東北海區に於ける海況の變動に就て. 水試報告，第9號

——— (1942). 海流勢力の消長に就て (1). 日本海洋學會誌，第2卷，第1號

Uda, Michitaka (1951). On the fluctuation of the main stream axis and its boundary line of Kuroshio. J. Oceanogr. Soc. Japan, vol. 6, no. 4

Wüst, G. (1929). Schichtung und Tiefenzirkulation des Pazifischen Ozeans auf Grund zweier Längsschnitte. Veröff. Inst. f. Meereskunde. N. F. Reihe A., Heft 20, Berlin

——— (1930). Meridionale Schichtung und Tiefenzirkulation in den Westhälften der drei Ozeane. J. d. Cons., vol. 5, no. 1

東北海區に於けるカツオ魚群の漁獲水温に就いて※

黒　田　隆　哉

ON THE WATER TEMPERATURE IN THE FISHING GROUNDS OF THE SKIPJACK, *KATSUWONUS PELAMIS* (LINNAEUS), CAUGHT IN THE NORTH-EASTERN SEA AREA ALONG THE PACIFIC COAST OF JAPAN

By

Ryuya KURODA

The shoals of skipjack, migrating to the north-eastern sea area along the Pacific coast of Japan, may be divided ecologically into some kind of shoals. The chief shoals of them are those belonging to the shark (*Rinodon typicus*), the whales (*Balaenoptera borealis*), shoals which belong to no one kind, to the timber (timber drifting from southern sea), and shoals to which belong sea birds.

In this paper they are described conveniently as, *S* shoals, *W* shoals, *O* shoals, *T* shoals and *B* shoals respectively.

From the fishing informations on the skipjack fishery for the four years, 1950 to 1953, in the stated sea region, the following regard to each kind of shoals was made clear to some extent, namely, about catches, optimal temperatures of fishing, distribution, and relations to the so-called "strength of the Kuroshio stream".

The results are as follows:

1) The height of the fishing season of *S* shoals are in July and August; *O* shoals in September and October; *B* shoals, *W* shoals, *T* shoals are in July and September.

2) The catches from the *S* shoals and the *O* shoals exceed considerably that of the others which number has little influence on the fishing states of the skipjack.

3) The optimal temperatures for fishing of the *O* shoals, are 20–21°C; the *W* shoals about 22°C; the *S* shoals about 23°C; the *T* shoals about 25°C; and the *B* shoals about 22°C.

4) In general, the fishing grounds of the *O* shoals occupy the northern most part of the sea region, and that of the *T* shoals is situated in the most northern part of that sea region. *B* shoals extends throughout the sea region. The fishing grounds of the other kinds of shoals lies in mid-sea area.

5) There seems to be a linear relation, between the catch from the *S* shoals and the so-called "strength of the Kuroshio stream", and to the *O* shoals a non linear relation.

※ 東北海區水產研究所業績　第42號

(I) ま え が き

東北海區に於けるカツオ漁場の水溫に關しては既に古くから調べられており、これ等に依つてカツオ漁場は水溫 20°～24°C、就中 22°～23°C の水域に最も多く出現し、適溫水帶の移動に伴つてこの中に存在するカツオ漁場が移動するものである事が明らかになつた。更に宇田[1]は昭和11年・昭和12年・昭和13年の資料を用いて漁場水溫 θ に對するカツオ漁獲量Nの曲線を N-θ 曲線と名付けて其の特性を解析し、東北海區では

1. 明瞭な漁獲の山は 20°～21°C に現われ

2. 水溫に對する漁獲頻度の順位は 20°C, 21°C, 22°C に對應しており

3. N-θ 曲線の形は非對稱的で其の形は3ヶ年共略々似ており、低溫側水溫 18°～20°Cの曲線傾斜は高溫側 21°～24°C の傾斜よりずつと大きく

4. 確率曲線の形を求めて、此の N-θ 曲線が 21.3°C を中心として大きい漁獲の山を示す一つの確率曲線と、25°C附近を中心として前者よりも小さい漁獲の山を示すもう一つの確率曲線との複合したものであり、而して前者は極前線に形成される大型カツオの漁場に於けるものであり、後者は第2次極前線に形成される小型カツオの漁場に對應するものであるとした。又宇田[2]はカツオ群と付物の分布を調べ、サメ付群が最も北に位し、以下素群・クジラ付・鳥付・木付という順序に北から南に配列されており、斯様な分布は付物自體の分布が海況に依り異る事に原因するのであつて、カツオ群がそれらの海區に移動すれば次ぎ次ぎに異る付物と相伴うものと考えられるとしている。カツオ群が容易に次ぎ次ぎに異る付物と相伴うものであるかどうかは不明であるが、少くとも物付カツオ群の分布水溫範圍は夫々の付物自體の分布水溫範圍に或る程度影響されるものと考えられ、從つてカツオの分布も付物に依つて、云い換えれば、カツオの生態に依つて夫々かなり異つているものと思はれる。木村[4]は本所研究報告第3號に於いて東北海區のカツオ群を付物によつて分類し、その發見頻度を昭和22年～27年の6ヶ年に亘つて算出し、更に各群毎に餌付狀態と群の大きさを吟味した。

本報文に於いては昭和25年から昭和28年迄、燒津・清水・塩釜・石巻・女川・氣仙沼の各港に入港したカツオ漁船から集めたカツオ漁況報告*に據り、東北海區の主として北緯35度以北のものについてカツオの漁獲水溫を付物別に吟味し、若干の成果を得たのでここに報告する。

本文に入るに先立ち御指導をいただいた本所長木村喜之助博士並びに資料の整理をしていただいた本所永沼璋技官に厚く御禮を申述べる。

(II) 漁　獲　量

各年旬別の漁獲量と漁獲水溫**との關係を付物別に求めて、各旬漁獲量の極大を示す水溫をま

* これ等の資料の蒐集については一應全船調査の立前をとつているので、これ等の資料によつて東北海區に於けるカツオ群の性狀はほゞ推察出來るものと考えた。尙お昭和25年のカツオ漁期前半は調査態勢不備のため、資料の集まり方が少かつた。

** 水溫は總て表面水溫を意味し、例えば水溫 24°C は表面水溫 24°C 台を示す。

とめると第1表の様になる。又各年旬別の付物別漁獲量の順位は第2表の様になる。

これより次ぎの様なことが云える。

1） サメ付群の漁獲量は昭和25・26年は初漁期の5・6月は少いが、7月中は他の群の漁獲量に較べて最も多く第1位を占め、8月下位に落ち、9月再び1乃至2旬第1位を占めた。

昭和27・28年は初漁期は昭和25・26年と同様少いが、6月末から8月末乃至9月中旬迄引續いて第1位を占めていた。從つて一般に漁期の前半はサメ付群に依る漁獲が卓越するものと云える。又サメ付群自體の漁獲量についても略同様で、一般に漁期前半の7・8月に盛漁である。

第1表 各旬 N-θ ヒストグラムに現れた漁獲量の極大に對應する水温(°C)
〔括弧内は其の水温での總漁獲量，單位千貫〕

昭和25年

月別＼群名	素群	サメ付群	鳥付群	クジラ付群	木付群
5月全旬	20(5)	——	20(39)	——	——
6月 〃	20(20)	24(25)	22(50)	——	20(4)22(7)
7月上旬	21(16)	24(33)	20(1)22(12)25(2)	22(7)	27(.3)
中旬	21(20)23(6)	23(90)	20(.4)24(.4)27(.7)	23(4)	27(.7)
下旬	21(4)24(5)	23(60)	22(.2)24(.6)27(2)	25(2)	——
8月上旬	22(70)	23(9)25(4)	23(1)27(5)	23(6)	24(.1)27(.3)
中旬	21(130)	24(.5)	25(.2)27(1.7)	——	23(.6)25(.5)
下旬	20(44)22(42)	22(1)24(7)26(7)	22(8)24(3)	23(3)25(6)	——
9月上旬	21(80)	24(140)	20(.1)	23(.6)	25(.5)
中旬	21(160)	20(5)23(56)	20(1)	——	——
下旬	20(80)	——	20(5)	——	——
10月上旬	20(50)	19(1)	18(1)	21(1)	——
中旬	20(20)	——	——	——	——
下旬	17(1)	——	——	——	——

昭和26年

月別＼群名	素群	サメ付群	鳥付群	クジラ付群	木付群
5月全旬	21(20)	22(.8)	21(33)	——	22(8)
6月 〃	19(.2)22(5)	22(10)	22(13)	——	22(13)
7月上旬	22(18)	22(180)	22(15)	22(3)	23(2)
〃 中旬	21(30)	23(240)	22(22)24(7)	20(2)22(8)	25(4)
〃 下旬	23(140)	23(340)	22(7)24(8)26(6)	22(4)24(3)26(.5)	——
8月上旬	21(100)24(100)	23(180)	20(15)24(5)26(3)	21(2)24(1)	——
〃 中旬	23(280)	23(50)25(45)28(15)	22(12)24(1)26(7)	——	——
〃 下旬	21(110)	22(2)26(17)28(8)	21(2)27(30)	23(5)26(.2)	26(2)
9月上旬	20(520)23(40)	24(35)	20(.3)24(2)	21(2)	25(6)27(.7)
中旬	20(30)22(47)	22(210)	21(3)	21(10)	——
下旬	20(23)	20(20)22(50)25(5)	20(9)	20(5)	——
10月上旬	20(130)	20(7)	20(15)	20(1)	——
中旬	19(100)	——	19(17)	19(13)	——
下旬	18(12)	18(6)	18(8)	——	——

昭和27年

群名 / 月別	素群	サメ付群	鳥付群	クジラ付群	木付群
5月全旬	21(12)	21(.4)	21(11)	——	——
6月 〃	20(4)22(3)25(1)	21(8)23(9)	21(26)	——	21(2)23(6)26(.1)
7月上旬	23(10)	24(64)	22(12) 25(1)	22(4)24(1)	21(9)24(2)
〃 中旬	22(2)24(4)	24(120)	22(9)	21(8)24(1)	25(9)
〃 下旬	22(10)25(6)	22(68)24(48)	24(2)27(3)	21(2)23(8)	22(.3)27(.4)
8月上旬	21(5)26(3)	23(56)	22(1)24(3)	22(.1)	24(.3)26(.8)
〃 中旬	24(10)	23(80)	——	23(3)	24(1)
〃 下旬	23(10)25(7)	23(102)	——	23(5)	23(48)
9月上旬	22(16)	23(80)25(14)	22(1)	21(1)23(1)	22(1)
〃 中旬	21(57)	22(18)26(5)	21(11)	22(11)	——
〃 下旬	21(40)	22(5)	21(22)	20(6)22(6)	——
10月上旬	19(36)	——	19(23)22(8)	19(.5)	——
〃 中旬	20(42)	——	20(6)22(3)	——	——
〃 下旬	19(9)	——	——	——	——

昭和28年

群名 / 月別	素群	サメ付群	鳥付群	クジラ付群	木付群
5月全旬	19(64)	22(9)	19(56)	21(1)	23(1)
6月 〃	22(1)	——	21(11)23(2)	——	——
7月上旬	21(6) 25(1)	22(59)	22(6)	19(.5)22(2)	20(.3)
〃 中旬	21(3)	22(72)	21(5)	21(1)	21(.3)
〃 下旬	22(38)	23(102)	22(16)	21(9)	22(.5)24(1)
8月上旬	20(1)23(2)25(1)	23(68)	20(.2)23(.3)25(2.4)	23(7)	24(5)27(3)
〃 中旬	23(7)25(1)	24(72)	20(1)22(.5)	22(5)	26(3)
〃 下旬	19(3)21(2)23(3)	20(5)23(25)	21(2)	18(2)	21(7)23(6)25(4)
9月上旬	20(76)23(10)	21(9)25(5)	20(8)22(2)24(4)	20(36)	21(4) 25(26)
〃 中旬	20(37)	21(3)23(6)	21(40)	19(2)22(4)	——
〃 下旬	20(49)	20(.5)	20(60)	21(6)	——
10月上旬	20(13)22(21)	22(.5)	20(18)23(38)	——	——
〃 中旬	21(3)23(4)	——	20(6)22(3)	——	——
〃 下旬	——	——	21(1)	——	——

2）素群の漁獲量はサメ付群の場合と對蹠的である。即ち昭和25・26年は8月最上位となり、9月1～2旬下位に落ちるが以後終漁迄引續き第1位を占めた。昭和27年は9月下旬以降第1位となつた。昭和28年は9月2旬第1位を占めたのみであつた。從つて一般に漁期の後半は素群による漁獲が卓越するものと云える。素群自體の漁獲量についても略同樣で、一般に漁期後半の8月～10月に盛漁である。

3）鳥付群の漁獲量は一般に初漁期5・6月に卓越し、盛漁期にはサメ付群や素群に較べて少い。そして終漁頃上位に上る傾向が見られる。

特に昭和28年は9月下旬から終漁迄引續き最上位を占めた。鳥付群自體の漁獲量は、東北海區

第2表 群態漁獲順位

〔*O*: 素群, *B*: 鳥付群, *S*: サメ付群 *W*: クジラ付群, *T*: 木付群〕

	昭和 25 年	昭和 26 年	昭和 27 年	昭和 28 年
5 月 全 旬	B>O	B>O>S>T	B>O>S	O>B
6 月 全 旬	B>S>O>T	B>T>S>O	B>S>O>T	S>B>O>T>W
7 月 上 旬	S>O>B>W>T	S>O>B>T>W	S>O>B>T>W	S>O>B>W>T
中 旬	S>O>W>B>T	S>O>B>W	S>B>T>O>W	S>B>O>W>T
下 旬	S>O>B>W	S>O>B>W>T	S>O>B>W>T	S>O>B>W>T
8 月 上 旬	O>S>B>W>T	O>S>B>W	S>O>B>T>W	S>T>O>W>B
中 旬	O>B>S>T	O>S>B	S>O>W>T	S>O>W>T>B
下 旬	O>B>S>W	O>S>B>W>T	S>O>T>W	S>T>O>B>W
9 月 上 旬	S>O>W>B>T	O>S>T>B>W	S>O>B>W	O>W>T>S>B
中 旬	O>S>B	S>O>W>B	S>O>B>W	O>B>S>W
下 旬	O>B>S	S>O>B>W	O>B>S>W>T	B>O>W>S
10 月 上 旬	O>W>B	O>B>S>W	O>B	B>O>S
中 旬	O	O>B>W	O>B	B>O
下 旬	O	O>B>S	O	B

のカツオ漁場が比較的近海に集中する初漁期から7月末迄と9月半ばから10月にかけてかなり多く、漁場が沖合に擴がる8月から9月初旬にかけては漁獲量は少い。

4） クジラ付群の漁獲量は一般に素群・サメ付群・鳥付群の漁獲量に較べて遙かに少いが時には第2位となる旬も見られる。但しこの様な旬には他の群の漁獲量も極めて僅かである。クジラ付群自體の漁獲量としてはサメ付群と同様7月に入つて急に多くなるが、7月下旬から9月上旬迄は少く、9月半ば1～2旬再び漁獲が多くなる。

5） 木付群の漁獲量も他に較べて極めて少いが、昭和28年8月には珍しく2旬第2位を占めた。木付群自體の漁獲量はクジラ付群と同様7月及び8月下旬から9月上旬にかけて最も多い。

以上述べた事から一般にサメ付群及び素群に依る漁獲量は他の物付群の漁獲量を引離して壓倒的に大きく、東北海區に於けるカツオ漁況は漁期前半のサメ付群の漁獲量及び漁期後半の素群の漁獲量の多少に依つて左右されると考えて差支えない。

（III） カツオの漁獲水温範圍

資料によればカツオの漁獲された漁場水温は最高 28°C から最低 15°C 迄の溫度範圍を示しているが、旬毎の漁獲量の極大を示す所の溫度の中の最高最低を採つて、これをカツオの漁獲適水温範圍と考えれば、東北海區に於ける1漁期中のカツオの漁獲適水温は 17°C～28°C である事が云える。これは相川の値[3]と一致するが、時期的に見ればカツオも此の様に廣い水温域内に廣く分布しているわけではないことは第1表からも明らかである。即ち4ヶ年を通じて見ると、カツオの漁獲適水温は、

5 月は		19°～23°C でその幅は	5°C
6 月は		19°～24°C	6°C
7 月	上旬は	19°～27°C	9°C
	中旬は	20°～27°C	8°C
	下旬は	21°～27°C	7°C
8 月	上旬は	20°～27°C	8°C
	中旬は	20°～28°C	9°C
	下旬は	18°～28°C	11°C
9 月	上旬は	20°～27°C	8°C
	中旬は	19°～22°C	4°C
	下旬は	20°～25°C	6°C
10 月	上旬は	18°～23°C	6°C
	中旬は	19°～23°C	5°C
	下旬は	17°～21°C	5°C

となり、東北海區に於いては大體サメ付群の漁獲量の卓越する漁期前半は漁獲水溫の範圍が廣く素群の漁獲量が卓越する漁期後半は漁獲水溫の巾が狹くなることが判る。

(IV) 付物別のカツオの漁獲水溫と分布

(III) でカツオの一般的な漁獲水溫範圍について考察したが、元來カツオ群は素群をなして洄游したり又サメ付群・クジラ付群・木付群等色々な物について洄游したり、又カツオ群に鳥が付いている所謂鳥付群となつて游泳したりしており、從つて各々其の生態も異なるものと思われる。從つてこのためこれらのカツオ群が分布する海域の水溫も夫々の群態に依つて異ることが豫測される。即ちサメ付群の分布する水溫範圍はサメ（ジンベイザメ *Rhinodon typicus*）の分布適水溫とカツオの分布適水溫との重複した所であり、又クジラ付群（主としてイワシクジラ *Baraenoptera borealis* に付く）についても勿論同じ事が云えよう。ここでは群態別即ち付物別にカツオの分布水溫について調べ、併せて付物の分布についても若干考察を進める。

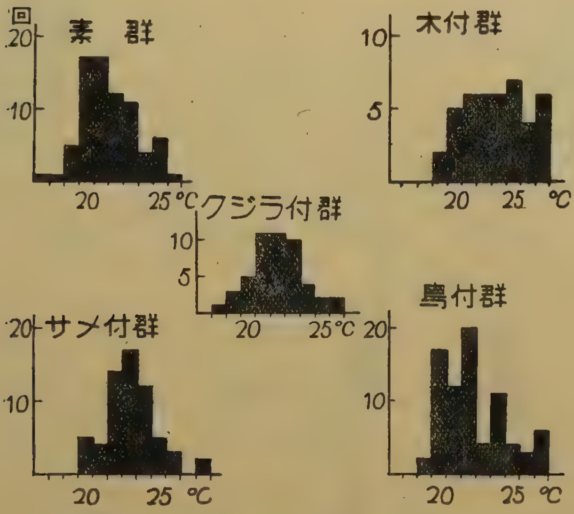
(a) 素群の漁獲水溫と分布

先きにも述べた様に、東北海區に於けるカツオ群の適水溫は 17°～28°C であるが、この中素群の漁獲適水溫は第 1 表の素群についての項を集計し、溫度別に漁獲量の極大の出現する頻度を見ると第 1 圖の様になり、これから素群は水溫 20°～21°Cの水域で最も多く漁獲されるという事が云える。又 1 漁期中の素群による總漁獲量を溫度別に集計すれば第 2 圖の様になり、上述の傾向は更に明らかである。尙夏季東北海區に於ける水溫 20°～21°C の水帶は所謂極前線の中心部に當り、この水帶の面積は水溫 22°C・23°C・24°C等のカツオ游泳水帶に比べて著るしく狹いことは

カツオ漁場圖(4)(5)(6)(7)(10) を見れば明らかである。従つて素群がこの様な狭い水域で最も多く漁獲されるという事實は、東北海區に於いては、素群は1次的にせよ2次的にせよ、この極前線に於ける收斂作用に依つてこの水帯に集積され、其の密度が他の水域に比べて著しく大きいという事を示すものであろうと考えられる。又第1圖で25°C に今一つの山が見られるがこれは所謂第2次極前線(9)(10) 附近に於ける漁場の集中を示すものであろうと思われるが、漁獲量は極く僅かなものである。

(b) サメ付群の漁獲水温と分布

素群の場合と同様に、温度別に漁獲量の極大の出現する頻度を求めると第1圖の様になり、更に1漁期中のサメ付群による總漁獲量を温度別に集計すれば第2圖の様になる。これ等からサメ付群は水温 23°C の水帯で最も多く漁獲され、水温 22° C 以下の水帯では漁獲量が急減することが判る。更に他の群態のカツオ群では、水温が 22°C よりもずつと低い水帯でも相當漁獲されている事等から考えると、東北海區に於けるサメ付群の漁獲水温の下限は 22°C 前後にあり、又例年カツオ漁船は8月から9月上旬にかけて東經154度以東の所謂東北海區の遠洋水域に出漁して、北緯40度より北方で相當の漁獲をあげるのであるが、この方面のカツオは殆どが素群であつてサメ付群は殆ど見られていない(4)。ただ昭和27年(4)は異常な年でこの方面のカツオ漁は振わず、ずつと南の北緯37度方面でサメ付群に依る若干の漁があつたのであるが、とにかく一般に此の方面にはサメ付群が極めて少いことから考えて、サメ付群の分布の東限は大體この附近にあると考えられる。更にサメ付群は伊豆小笠原海區では殆ど發見されず(2)(4)(5)、又更にこれから西の海區(2)(4) では皆無といつてよい程である。



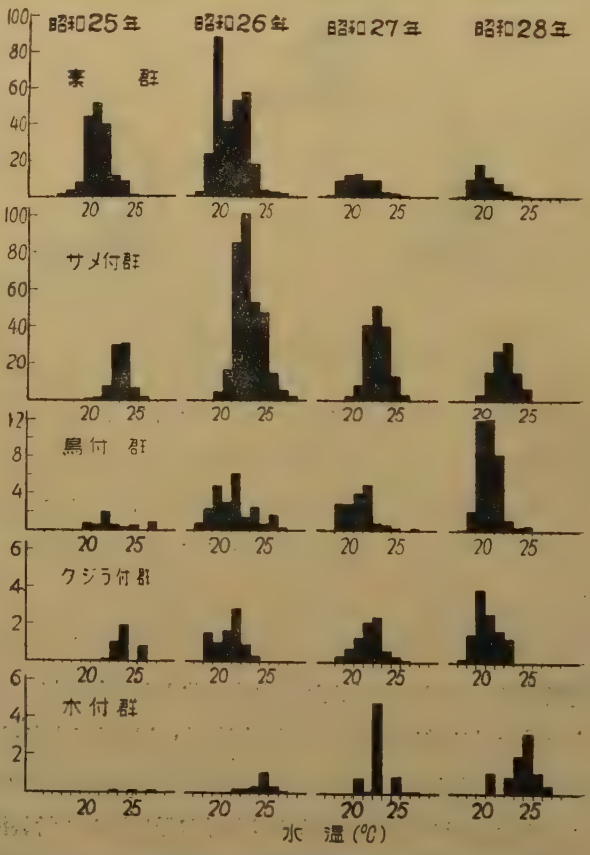
第1圖 第1表の水温の4ケ年合計出現回數

即ち東經140度以西には殆ど見られない。そして例年6月に入つて漸く北緯31度線上東經140度以東にぽつぽつ發見され、次第に北上し、野島沖にしばらく停滞、後急に東北海區に各方面で廣く漁獲を見る様になる(4)。即ち例年5・6月頃東北海區には既にカツオの適温とされる水温 19°～23°C の水帯が廣く分布し、この頃伊豆諸島海區ではカツオは盛漁であるにも拘らず、東北海區のカツオ漁は振わず、鳥付群及び素群が野島沖から常磐沖に若干ある程度で、特にサメ付群は殆んど發見されず、未だ野島崎東方の線より南に若干の漁があるに過ぎない。然るにこの頃この野島

崎東方線上に播居する水溫22°C以下の冷水域が、其の後消滅若しくは寸斷するに及んではじめて漁場は急速に東北海區に擴がつてゆく。そして東北海區にも急にサメ付群が各所に發見される様になる[4][5][6][7]。此の時期の漁場圖の例を第3圖に示す。以上の諸事實を合せてサメ付群の分布及び移動狀態を概括すれば、サメ付群は水溫の上昇に伴つて南方から北上し、6月に入つて漸く北緯31度線上東經140度以東方面に達しサメ付群としてぼつぼつ發見される様になり、野島崎沖にしばらく停滯した後急速に東北海區に進入分散し、大體22°C等溫線の位置を北限とし、其の南の水溫23°Cの水帶を中心として東北海區の遠洋水域より西側に廣く分布し、8月後半東北海區の水溫が下り始めると同時に一齊に南下するのであろう。

(C)　クジラ付群の漁獲水溫と分布

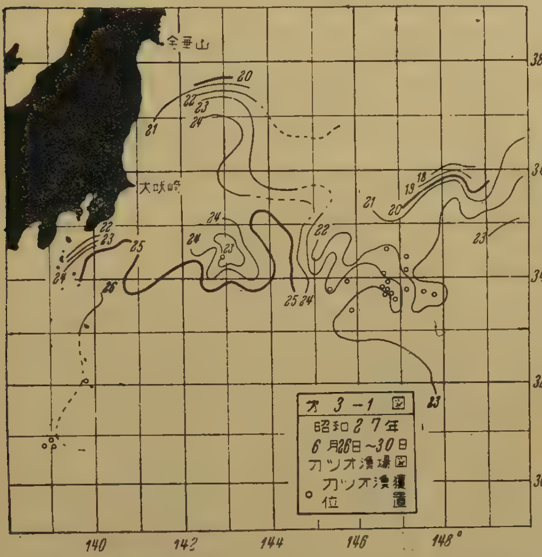
クジラ付群もサメ付群の場合と同様伊豆・小笠原海區以西には殆ど見られず[2][4]、又東北海區の北緯35度以北に於いて發見される様になる時期もサメ付群と略同様である[4][5]。從つてクジラ付群もサメ付群の場合と同様クジラ(主としてイワシクジラ *Baraenoptera borealis*)が水溫の上昇につれて南方海域から北上し、カツオ群を伴つて東北海區に進入するものと考えられる。そしてクジラがこれ等クジラについたカツオ群の適水溫より更に低い水溫の海域に入るに及んで、カツオはクジラから離れるのであろう。第1圖及び第2圖から明かな様に、クジラ付カツオ群は水溫22°Cを中心とする海域で最も多く漁獲される。從つてザメ付群よりも若干水溫の低い海域に多く分布しているわけである。即ち一般的にはクジラ付群の漁場はサメ付群の漁場よりも若干北にあると云える。次ぎに第1表からクジラ付群は屢々漁獲量の極大が2ケ乃至3ケ現われていることが判る。最近の研究[8]によれば所謂イワシクジラ(Sei whale)には所謂南方系のもの〔Bryde's whale(*Baraenoptera brydei*)〕と北方系のもの〔Sei whale (*Baraenoptera borealis*)〕との2種あることが知られており、夏季東北海區ではこれら2種のイワシクジラが極前線を中心とする海域で混獲されているらしい。そして北方系の

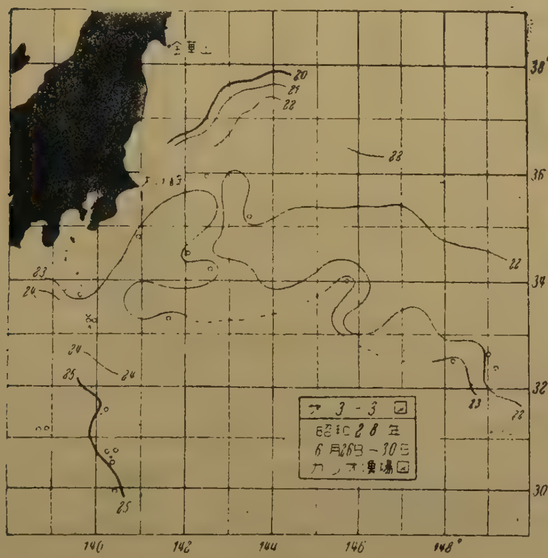


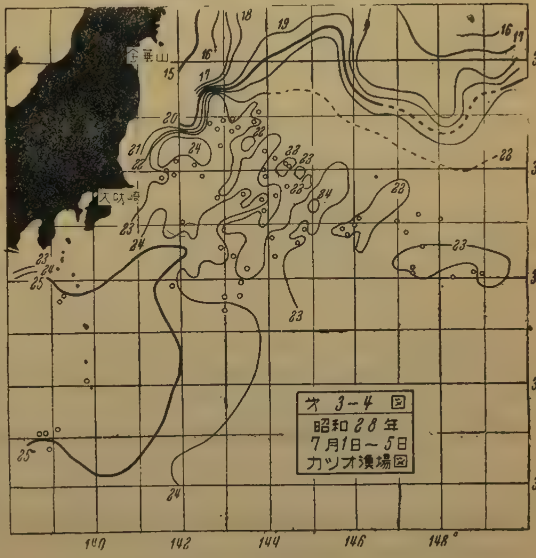
第5圖　群態別の年合計漁獲量(單位万貫)と水溫との關係

イワシクジラの分布水温は南方系のより相當低い所にあると考えられるのであるが、これより北方系のクジラについたカツオ群はその游泳水温がクジラより遙に高い爲、クジラの游泳水域の全域で付くことが出來ずにクジラの分布の南限に於いて付き、南方系のクジラに付くカツオはクジラの分布の北限に付くと考えられ、此の爲これら兩系のイワシクジラに付くカツオ群の漁獲量の極大が、夫々水温 20°C 前後及び 25°C 前後の2つの水帶に現われ、又中間の水帶ではどちらの場合もあるのであろうと想像される。然し乍ら現在迄これを裏付ける資料は求められなかつた。

(d) 木付群の漁獲水温と分布







黒潮系水は東北海區に入つて急に其の擴散領域を擴げ極前線及び第2次極前線[9][10]に收斂する。從つて南方から黒潮に乘つて流れて來た流木群*も、東北海區に入つて黒潮系水の擴散に伴つて夫々極前線及び第2次極前線に收斂して行くものと考えられる。從つてこれ等流木に付くカツオ群即ち木付群も又夫々主として極前線及び第2次極前線に收斂して發見漁獲される傾向を持つと思われ、從つて木付群の多獲される水温も夫々低温側及び高温側に分かれて分布するであろうことが豫測される。木付カツオ群に關する資料は甚だ少いのではつきりしないが、第1圖•第2圖及び第1表に依つて大體に於いて上記の傾向をうかがう事が出來よう。そしてこの様にして木付群の場合は他の物付群では餘り見られない高温の25°C附近に漁獲の極大が現われるのであろう。そうして1漁期を通じての高温側—第2次極前線側—の極大漁獲量に對應する水温の最高は、夏季黒潮勢力の最も旺盛と見られる7月下旬～8月下旬に現われて、これが略一定の水温26°～27°Cを示している。ところが低温側—極前線側—はこれとは異なり、漁期の前半に漁期中の漁獲水温の最低が現われるのは當然であるとしても、其の水温が年によつてかなり相違が見られるのは興味ある事實である。このことは恐らく極前線の收斂域の水温が、黒潮勢力の強弱に依つて異なることを示すものではないかと思われる。即ち昭和25年の場合は第1表で各旬の最大漁獲量に對應する水温の最低は22°C、昭和26年は22°C、昭和27年は21°C、4ヶ年中最も東北海區の夏季の水温が低温に經過した—從つて夏季黒潮勢力が4ヶ年の中最も弱かつたと考えられる—昭和28年は20°Cという低温を示している。從つて先きに述べた最高の水温とこれら最低の水温との差をΔとすれば、

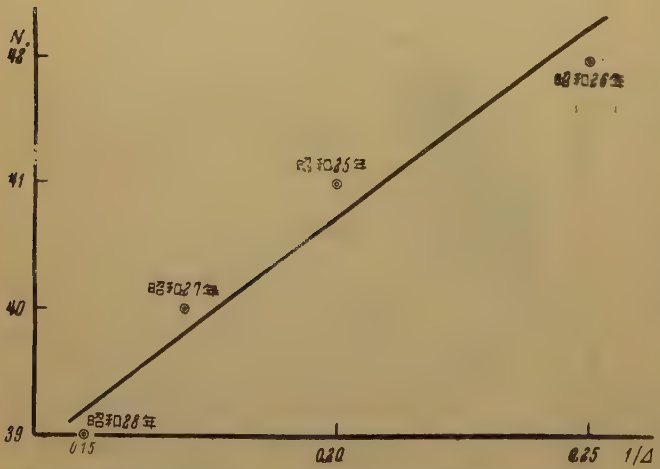
昭和25年：$\Delta = 27°C - 22°C = 5°C$

昭和26年：$\Delta = 26°C - 22°C = 4°C$

昭和27年：$\Delta = 27°C - 21°C = 6°C$

昭和28年：$\Delta = 27°C - 20°C = 7°C$

となり、このΔの値が小さい程黒潮勢力が強いことを意味するものと考えられる。今夏季に於ける22°C等温線の北上度合で黒潮勢力の強弱を大略表わし得るものとして、カツオ漁場圖[11]及び漁況速報[7]に依つて、8月下旬に於ける22°C等温線の北上位置について、東經143度から150度までの平均緯度を求めると、昭和25年は北緯41度、昭和26年は北緯42度、昭和27年は北緯40度、



第4圖　8月末22°C等温線の東經143°～150°の平均北上位置と$1/\Delta$との關係

---

* 木、海藻其の他の浮游物を一括した。

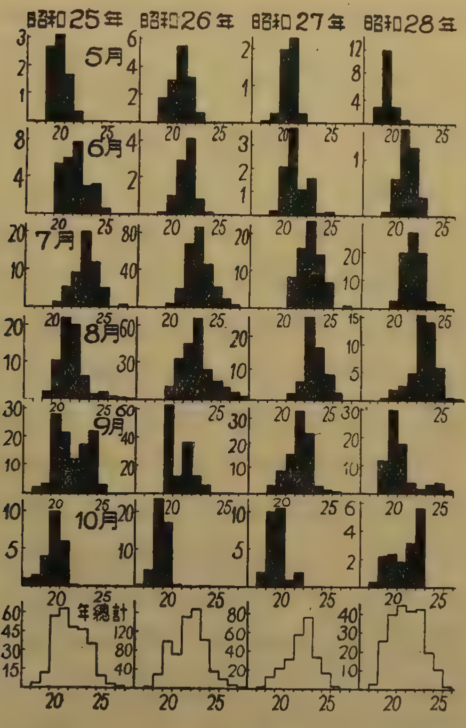
昭和28年は北緯39°度となる。

第4圖はこれ等と上記の1/Δとの關係を示したもので略直線的となり、1/Δが黒潮勢力の强さを示す目標となることが明かである。

（e） 鳥付群の漁獲水溫と分布

元來鳥付群と稱せられるものは水面高く海鳥が舞つておつて其の下にカツオ群が發見される場合、このカツオ群を鳥付群と云うのであつて、群態としては素群の場合もあり、又所謂餌持群・跳群等の場合もあり得るわけである。然しサメ付群やクジラ付群等の場合には、たとえ其の上を海鳥が舞つておつてもこれは鳥付群とは云わず夫々サメ付群クジラ付群等と呼ぶ様ではあるが、從つて一般に鳥付群の漁獲水溫には結局色々な物付群の漁獲水溫が含まれていると考えられるわけで、第1圖・第2圖及び第1表に於いて漁獲の極大がいくつも現われて複雑であり、且つ漁獲水溫の巾が他の物付群のものに較べてもつとも廣いのはこのためであろうと考えられる。尙第2圖から一般に鳥付群は水溫22°C前後で最も漁獲が多いことが判る。

以上述べた種々の群の漁獲水溫から、一般に漁獲水溫が最も低いのは素群であり、クジラ付群・サメ付群の順に水溫は高くなり、木付群が最も高溫の水域に分布することになる。そして鳥付群は最も分布水溫の巾が廣い。從つて一般的に云えば、東北海區では北から素群・クジラ付群・サメ付群の順に分布し、木付群が最も南に分布し、鳥付群は北方の素群とクジラ付群の漁場にまたがつて最も多く發見漁獲されるが、南方の木付群の漁場の方面にも又多く發見漁獲され南北に最も廣く分布するという事になり、先きに述べた宇田[1]の分布順序とは若干異つた結果が得られた。尙鳥付群に就いては更に詳しい調査が必要と思われる。



第5圖　水溫別漁獲量　縱軸　漁獲量（單位万貫　橫軸　漁獲水溫（°C）

次ぎに宇田[1]は群態を區別しない總漁獲量についてN-θ曲線を求め、例年7月～9月頃に水溫に關して漁獲の山が2つ現われる時期があつて、一つは水溫20°～22°Cに、他の一つは24°～26°Cにあることを認め、之等に對應する漁場が極前線

及び第2次極前線に夫々中心をもつていることを指摘した。今昭和25年〜28年について同様にしてN-θヒストグラムを求めると第5図の様になり、水溫値に若干の相違はあるが略この傾向のあることがうかがわれる。これ等の圖から一般に例年東北海區のカツオ漁場は、その中心が夫々極前線及びそれより南の海域の2方面に存在し得ることが判る。所が東北海區に於けるカツオの漁獲量はその大部分がサメ付群及び素群の漁獲量から成つているのであるから、これ等の群の分布水溫から考えて上述の2方面に存在する漁場中心の內、極前線側の主漁場は主として素群に依つて構成されており、これより南の主漁場は主としてサメ付群によつて構成されているものと云える。そしてこの傾向は黑潮勢力が強くてサメ付群も素群も共に大漁される年（例えば昭和25年・26年等）に顯著であつて、黑潮勢力が弱くて何れか一方が特に不漁の年（例えば昭和27年28年等）には不明瞭である。又この傾向を時期的に見ると、夫々漁獲適水溫の異る群態の漁況の入れ替る時期に於て顯著である筈で、既述した如く一般に漁期の前半はサメ付群による漁況が他を壓し、後半は素群がこれに替るのであるから、結局N-θヒストグラムに上述の傾向が顯著に現われるのは、前者の漁況と後者の漁況とが交替する時期に多いと思われる。即ち昭和25年では6月・8月及び9月、昭和26年は9月、昭和27年は6月及び10月、昭和28年は9月及び10月に夫々2つの漁獲の極大が顯著に現われており、それ以外の月は不明瞭となつている。

(V) 東北海區に於けるカツオの漁獲量と黑潮勢力との關係

カツオ好漁場の成立と海況諸要因との關係についてはこれまで屢々論ぜられて來ており、個々のカツオ好漁場の形成要因についてはかなり判明しているのであるが、1漁期間の、即ち其の年のカツオの漁況を豫想する方法については未だ殆んど明らかにされていない。從來試みられた方法は[12]單に總漁獲量に就いて、海區間の關係や東北海區の水溫の高低で表現される所謂黑潮勢力の消長との關係について相對的な關係が論ぜられたのみであつて、未だ數量的な關係については明瞭にされていない。春夏季東北海區の水溫の上昇につれて北上して來るカツオの漁況が、黑潮勢力の消長によつて大いに左右されることは當然考えられることである。然し乍らカツオの様に幾つもの群態を異にする群—物付群—から成つておつて、それ等の中の何れか一つの群態の漁獲量が時期に依つて他の群態の漁獲量に卓越して其の時期の全體の漁獲量を代表するという様な魚族については、其の漁況も又群態別に考察されねばならないと考えられる。そこでここでは僅か4ヶ年の資料ではあるが一應群態別の漁獲量について、別々に其れ等の黑潮勢力との關係について簡單に考察して見た。

(a) サメ付群の漁獲量と黑潮勢力の消長との關係

サメ付群は5月・6月頃南方から野島沖まで北上して黑潮本流の南緣に達し、ここから黑潮に捲きこまれて東北海區に進入し、以後急速に北乃至北々東に分散し、極前線を北限、遠洋水域の西端附近を東限として廣く分布する。そしてその漁獲は一般に漁期の前半即ち東北海區の水溫の上

昇期に卓越する。そこで今サメ付群の分布量が略この範圍の廣さ、即ち極前線の北上度合に略比例するものとすれば、この前線の位置が例年に比べて北に偏する様な所謂黒潮勢力の強い年にはサメ付群の分布量、従つてその漁獲量も多く、前線が例年よりも南に偏する様な所謂黒潮勢力の弱い年には漁獲量も又少いということになる。即ち　$C_S \fallingdotseq pn$

但し C_S：サメ付群の總漁獲量

p：常數

n：極前線の北上度合

既述の如く各年8月末の22°C等溫線の平均北上位置は、

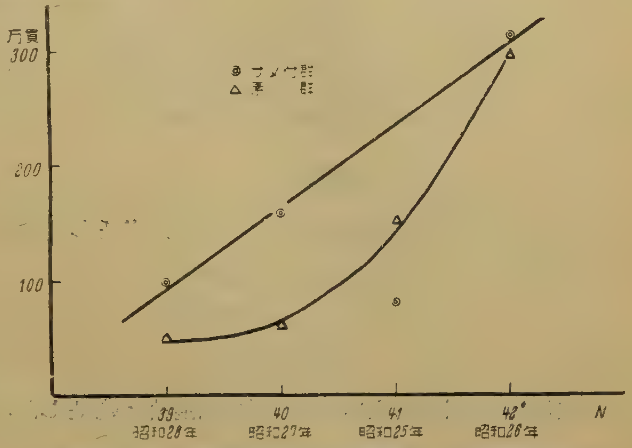
昭和25年は北緯41度

昭和26年は北緯42度

昭和27年は北緯40度

昭和28年は北緯39度

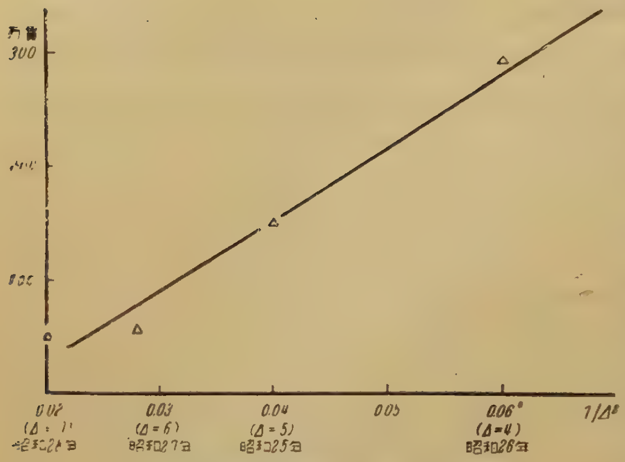
である。今極前線の北上度合をこの22°C等溫線の平均北上位置で表わして、これ等の緯度數と各年のサメ付群の總漁獲量との關係を示せば第6圖の様になり、極前線の北上度合一黒潮勢力の强弱の度合一とサメ付群の漁獲量との間に略直線的一比例的一な關係を持つ傾向がうかがわれ、上述の關係が相當利いている様に思われる。



第6圖　サメ付群及び素群の漁獲量と22°C等溫線の平均北上位置との關係

(b)　素群の漁獲量と黒潮勢力の消長との關係

前述の様に素群の漁獲は一般に漁期の後半に入つて卓越するものであるが、今素群の漁獲量と先きに述べた極前線の北上位置で現わされる所謂黒潮勢力の強さとの關係を調べて見ると第6圖の様になり、やはり素群の漁獲量も黒潮勢力の消長に密接な關係があることが分る。然しサメ付群の場合とは異なり、極前線の北上度合に依つて現わした黒潮勢力の消長とは直線的な關係を示していない。これは海況條件に對する群としての反應の現われ方即ち東北海區に於ける兩群の分布のしかたがサメ付群と素群とでは異るために、この様な相違が見られるのであろうと考えられる。一般に東北海區では漁期の後半に入ると、即ち8月末になると極前線の北上が止み、これ以後は増大する寒流勢力に壓迫されて次第に前線は南退してゆく。そして此のころから極前線は極めて顯著となる。即ち極前線附近の水平溫度傾度が著るしく大きくなつて來るわけで、この事はこの附近の流れの收斂度が増して來ることを意味するものと考えられる。そして此の現象は一般に夏季黒潮勢力が強くて東北海區の水溫が高めに經過する年程著るしいものと考えられる。又潮



第7圖　素群の漁獲量と $1/\Delta^2$ との關係

境に於ける流れの收斂度が著るしい程其の附近の浮游物の集積量が増大するものと考えられる[10]から、既述の如く潮境上に多く分布し漁獲される素群も亦收斂度の著るしい程ここに濃密に集積するであろうと考えられる。從つて收斂度が著るしい程素群の漁獲も大きくなることが豫想される。今東北海區に於いて素群としてのカツオの來游量 S_0 が略黒潮勢力の強さ $\frac{1}{\Delta}$ に比例するものとすれば

$$S_0 \propto \frac{1}{\Delta}$$

次に收斂の程度 K は黒潮勢力の強さに比例するとして　$K \propto \frac{1}{\Delta}$

然る時潮境上に素群が集積される濃度 ρ は

$$\rho \propto S_0 K$$

從つて

$$\rho \propto 1/\Delta^2$$

他の條件が大きく變らない時は素群の漁獲量を C_0 とした時　$C_0 \propto \rho$

結局

$$C_0 \propto 1/\Delta^2$$

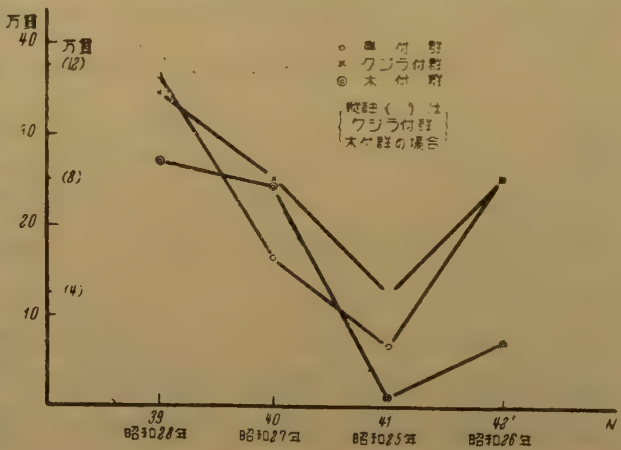
今各年の素群の漁獲量と $1/\Delta^2$ との關係を圖示すれば第7圖の様になり、略上式が滿足される。

(c)　鳥付群・クジラ付群・木付群の漁獲量と黒潮勢力の消長との關係

鳥付群・クジラ付群・木付群の總漁獲量と、22°C 等溫線の北上位置で表わした黒潮勢力との關係を圖示すると第8圖の様になる。前述の $1/\Delta^2$ との關係も略似た様な形を示すわけであるが、何れにしても、これ等の漁獲量と所謂黒潮勢力との間には簡單な關係が見られない。唯三者は略似た様な變動傾向を示していることが判る。これ等の原因としては

1)　三者の漁況は何れも7月頃及び9月頃の2回活況を呈すること。

2)　三者の漁場は何れも比較的近海に多いこと。



第8圖　鳥付群・クジラ付群・木付群の漁獲量と黒潮勢力との關係

の2つが先づ考えられるが、漁獲量そのものが極めて少い事、及び資料が僅か4ヶ年分しか整つていない事等の爲これ以上の事は何とも云えない。尙三者の漁獲量は何れも素群やサメ付群の漁獲量の場合と異つて、昭和25年—27年—28年と所謂黒潮勢力の弱かつた年程漁獲量が増大していることは興味深い。

(VI) 要　約

昭和25年から28年までの4ヶ年間に得られた資料から、東北海區に於けるカツオの群態別の漁獲量・漁獲水温・分布・黒潮勢力との關係等について次ぎの様なことが云われる。

1） サメ付群の漁獲は一般に漁期前半の7月・8月に、素群の漁獲は漁期後半の9月・10月に、又鳥付群・クジラ付群・木付群の漁獲は7月頃及び9月頃の2時期に、夫々最も多い。

2） 漁獲量は漁期前半のサメ付群及び後半の素群の漁獲量が壓倒的に大きく、他は漁況を左右する程大きなものではない。

3） 素群は水温 20°～21°C、クジラ付群は 22°C 前後、サメ付群は23°C前後、木付群は25°C附近で夫々最も多く漁獲され、鳥付群は漁獲水温について特にはつきりした傾向は示さないが大體 22°C 前後で最も多い。

4） 分布は一般に素群が最も北に位し、次いでクジラ付群・サメ付群の順に南に分布し、木付群は最も南に分布する。そして鳥付群は特に明瞭には偏らず南北に廣く分布する。

5） サメ付群の漁獲量は黒潮勢力と1次的な關係を、又素群の漁獲量は2次的な關係を持つ傾向が見られる。

参　考　文　献

1） 宇田　道隆：カツオ漁獲水温曲線の特性について．日本水產學會誌 8 (4) 1939

2） 宇田　道隆，筑紫　次郎：カツオの魚群組成の地方的變化．同　誌 3 (4) 1935

3） 相川　廣秋：水產資源學總論 1949，p.67

4） 木村喜之助：東北海區に於けるカツオ群の性狀．東北海區水產研究所報告第3號 1954

5） 東北水研叢書第1號：カツオに就いて

6） 木村喜之助：カツオ漁場圖．1949

7） 東北海區水產研究所海洋資源部：漁况速報(謄寫刷)：昭和27年，28年，29年

8） Omura, H., Nishimoto, S. and Fujino, K.: Sei whale(*Baraenoptera borealis*), in the adjacent waters of Japan. Japan whaling Association 1952.

Omura, H., and Fujino, K.: Sei whales in the adjacent waters in Japan II. Further studies on the External Characters. The Scientific Reports of the whales Reserch Institute, No. 9, 1954

9） 宇田　道隆：東北海區に於ける海况の變動に就いて．水產試驗場報告 (9) 1938

10） 宇田　道隆：東北海區の鰹漁場中心と潮境との關係．日本水產學會誌 4 (6) 1936

11） 東北海區水產研究所海洋資源部：カツオ漁場圖．昭和25年・26年・27年・28年．未刊

12） 宇田　道隆：カツオ漁獲の相關について．日本水產學會誌 7 (2) 1938

海區別カツオの食餌組成について※

堀田 秀之・小川 達

ON THE STOMACH CONTENTS OF THE SKIPJACK, *KATSUWONUS PELAMIS.*

By

Hideyuki HOTTA and Tôru OGAWA

The stomach contens of about 2900 skipjacks preserved in formalin were collected from the surrounding seas of Japan from 1948 to 1953, for the purpose to make seasonal and geographical comparison.

As the results, it is found that the stomach contents of the skipjack from each region have their own peculiar features, viz.

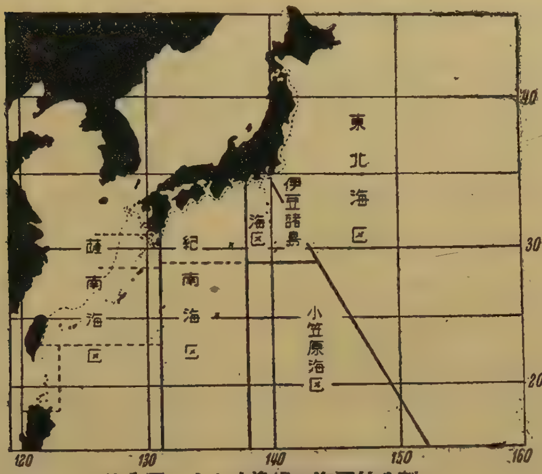
Sea area region		Species of the stomach contents
North-Eastern area region		anchovy and their larva, squids, Euphausia sp.
Izu Islands region		anchovy and their larva, squids, mackerel, indeterminable fishes, Euphusia and shrimps.
Bonin Islands region		flying-fishes, young skipjack, squids, Siganidae, Holocentridae.
Coastal area of Shikoku		young and juvenile horse-mackerel, mackerel, squids, shrimps, Gonostomidae,
Southern sea of Kyushu	Ruson area	squids and Caranginae.
	Okinawa Islands and Tokara Islands area	mackerel, young skipjack, frigate-mackerel, flying-fishes, indeterminable-fishes young or juvenile, puffer and filefish, Crustacea (shrimps, larva of crabs etc.)
	Western coastal area of Kyushu	anchovy and horse-mackerel.

From the results it can be said that skipjack shows no preference of the food, but preys upon species which occur within its area of distribution, the kind of species being determined by the natural distribution of prey animals, oceanographical environments and cannibalism.

It can be said that the food of the skipjack consists of almost any kind of animal which are swimming where the skipjack is abundant, or of species which are easily caught by the skipjack.

※東北海區水產研究所業績 第43號

カツオの食性については未だ系統的な研究がなく、今迄に發表された少數の報告では取扱つたカツオの數が少く、特にカツオの季節的・地理的にみた食餌の相違等については全く論及されていないので、筆者はこの點に關して、カツオの胃內容物及びカツオが釣獲直後甲板上に吐出したものを調査して、その食餌組成を檢討した。又各水域の動物相の分布狀態に關して、漁船の觀察記錄も倂せて吟味したが、これらの材料・記錄は特定な少數の漁船によつて得られたものであるから、今後更に系統的な調査によつて詳細に檢討する豫定である。



第1圖　カツオ漁場の海區的分割

カツオ漁場の區分は從來から本所で行つている形式に從つて、東北海區・伊豆諸島海區・小笠原海區・紀南海區・薩南海區の5つに區分した（第1圖）。

材料は1948年から1953年までの6年間漁船が漁場でカツオを釣獲直後に體長・體重を測定し、腹を割き消化管を取り出してホルマリン漬にしたもので、入港と同時に必要な各種の資料と共に送られたもの及び加工場で漁況の詳細が判明しているものについて魚體測定を行い、その消化管の提供を受けたものとを合せて約2900個である。消化管の內容物は、肉眼で識別し得るものについて調べ、その消化程度も倂せて調査した（第1表）。

第1表　消化程度の階梯

階梯	形　　　狀
A	完全に原形を保持（表皮も完全）しているもの。
B	殆んど原形を保持し，表皮の1部又は全部が剝離しているもの。
C	肉付によつて，輕うじて魚種の區別稍可能なもの。
D	頭，骨骼が稍完全であるが肉付のないもの。
E	頭，骨骼が不完全に殘つて種類殆んど不明なもの。
F	殘滓

新鮮なカタクチイワシ等（消化の進まないもの）は一應漁船が釣獲時に撒いたものとして除外し、消化の進んだものでは、マイワシ・カタクチイワシの分類が困難であるから、本報告では兩種のイワシを區別しないで單にイワシ類とした。

本文に入るに先立ち、カツオの吐出物について御教示を得た東海區水產研究所阿部宗明博士・鹿兒島大學水產學部今井貞彥教授並びに種々の御指導を賜つた本所長木村喜之助博士に衷心より感謝する。尙標本採集に御協力いただいたカツオ漁船、水產廳調査船蒼鷹丸、茨城・靜岡・德島・鹿兒島の各縣水產試驗場の指導船及び東海大學產業科學硏究所水產硏究部の岩下光男部長・服部稔郞・井上元男の諸氏、本所海洋資源部各位、特に海況について助言を得た川合英夫技官、カツオの消化管の解剖測定の手傳を受けた相澤幸雄・內海勝雄の兩氏に感謝の意を表する。

(I) 東　北　海　區

東北海區のカツオ漁場とは伊豆諸島を離れて東に進んだカツオの游泳水域である(第1圖)。本海區のカツオ漁場の漁期は5月から10月までで、黒潮勢力の北進に伴つて漁場も次第に北へ移り、特に8月下旬・9月上旬には極前線に沿つて、42°〜44°N, 155°〜160°E 方面、即ち三陸から700〜1000浬の遠方にも漁場が展開し、この遠い沖合水域のカツオ群は殆んど素群で餌付は極めて良好である。

(1) 食　餌　の　種　類

各年[*1]各月のカツオの胃の内容物を食餌の種類と消化程度別（第1表）に、カツオの體重 1 kg 當りのそれぞれの重量を第2表に示す。本表から東北海區のカツオの食餌は、**イワシ類・シラス（主にカタクチイワシ）・イカ類・アミ類**であることが判る。次にこれらの食餌の種類は漁獲月によつて差が認められないので、各年毎に取纒め、解剖したカツオの漁獲位置を緯度・經度各1度の桝目毎に、撒餌と推定されるもの[*2]及び胃内容物の空虚なものを除いて、各食餌生物のカツオ體重1kg當りの重量を、1g以下, 1.0〜3.4g, 3.5〜10.4g, 10.5g以上の4階級に分けて百分率により示したものが第2圖から第4圖である。百分率の左下のローマ数字は漁獲月を、右下のア

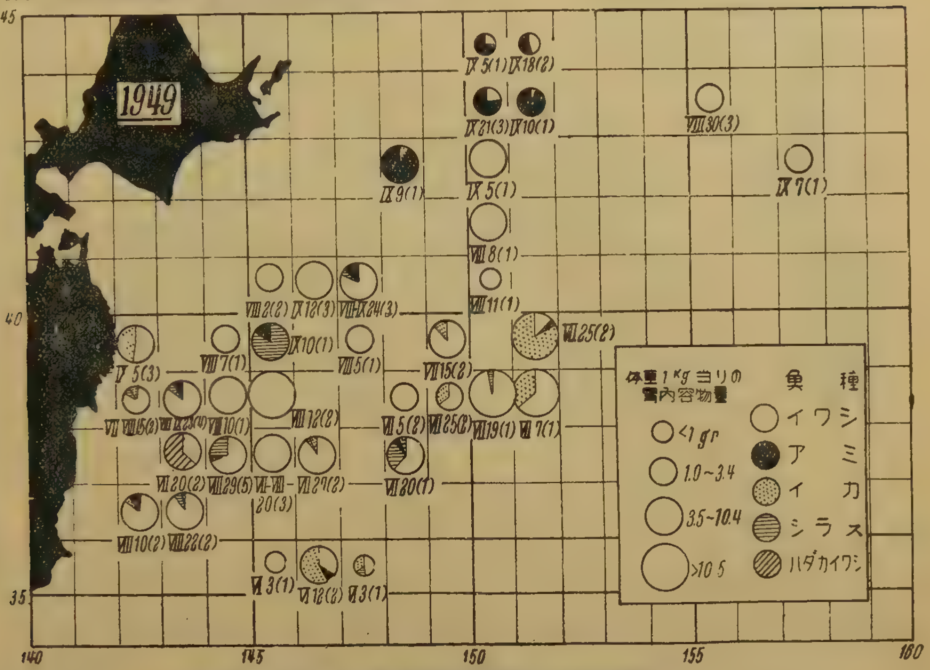
第 2 表　カツオ體重 1kg 當りの種類別・消化程度別の胃内容量（東北海區）

魚種＼年月		1949					1950							1951					1952			
		6月	7月	8月	9月	計	5月	6月	7月	8月	9月	10月	計	6月	7月	8月	9月	計	6月	9月	10月	計
イワシ類	A	0.14	0.08	1.49	3.39	1.33	—	2.04	0.38	—	1.26	1.86	0.53	—	—	0.32	—	0.93	—	6.51	0.53	1.85
	B	0.14	1.35	3.19	1.17	2.06	0.68	2.19	0.35	0.38	1.22	0.82	1.15	1.47	1.30	5.82	—	4.19	—	8.41	0.66	3.40
	C	0.22	2.46	2.19	1.49	2.01	0.14	1.95	1.15	3.95	7.75	0.76	3.31	2.53	0.22	2.53	7.70	2.43	—	3.32	0.77	4.33
	D	—	1.13	1.35	0.08	0.98	0.53	0.62	0.07	0.48	1.52	0.15	0.33	—	—	0.02	—	0.01	—	3.41	0.32	1.71
	E	0.57	0.13	0.48	0.37	0.34	—	0.18	—	0.35	0.51	—	0.13	—	—	—	—	—	—	—	1.34	2.23
	F	—	4.17	1.62	0.52	2.25	—	0.69	0.37	0.78	0.63	0.16	0.47	—	2.16	0.17	0.22	0.56	—	0.24	1.14	0.56
サバ	A	—	0.51	0.06	0.48	0.30	—	—	—	—	0.49	0.25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	B	—	—	—	—	—	—	0.18	—	—	0.07	—	0.19	—	—	0.42	1.25	0.33	—	—	—	—
	C	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.05	—	0.03	—	—	—	—
シラス		0.73	0.51	0.27	0.35	0.35	0.98	0.13	—	—	1.54	3.68	1.86	—	0.05	0.18	—	0.12	—	—	—	—
アチ		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	C0.12	—	—	0.02	—	—	—	—
カマス		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.04	—	0.02	—	—	—	—
イカ		0.15	1.08	0.59	0.35	0.66	0.65	0.20	0.95	—	—	—	0.23	0.24	1.93	1.19	—	0.91	—	—	—	—
アミ		—	0.05	0.17	2.22	0.53	1.02	0.14	—	—	0.69	1.14	0.46	—	—	0.93	—	0.53	3.16	—	—	0.29
ヘダカイワシ		—	—	0.34	—	0.06	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
不明魚		—	—	—	—	—	B0.95	—	C0.18	—	C0.35	C0.24	0.77	C0.99	C3.66 E1.48	—	—	C0.90 E0.32	—	—	—	—
殘滓		—	0.91	—	—	0.03	—	0.01	—	—	—	—	0.01	3.43	0.89	0.27	—	0.90	1.22	—	—	0.19

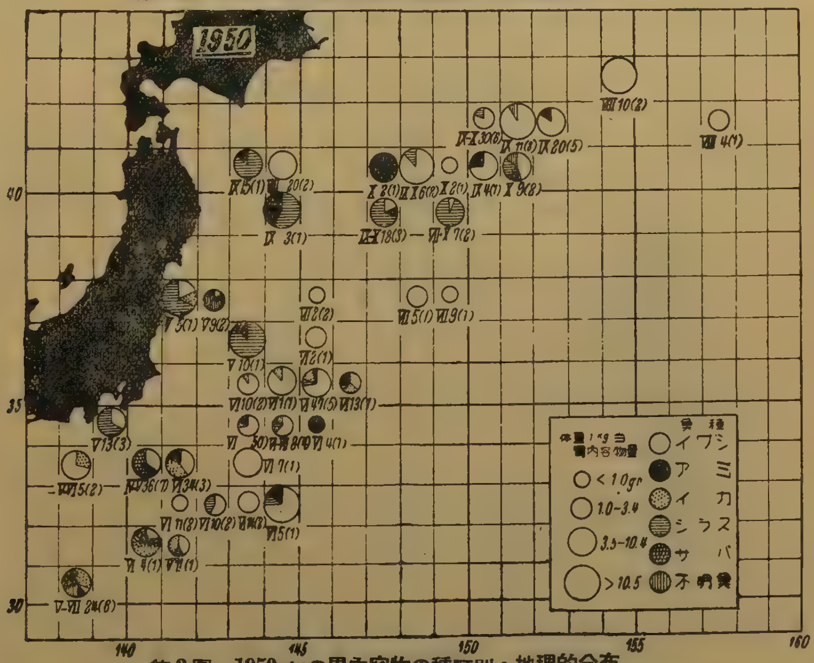
*1　1948年・1953年の材料は比較的少く、又同一漁場からのものが多かつたので省略した。

*2　消化程度の階梯 A, B のもの即ち新鮮なものをいう（以下同様）。

ラビヤ數字は供試尾數、括弧内は採集回數を示した。



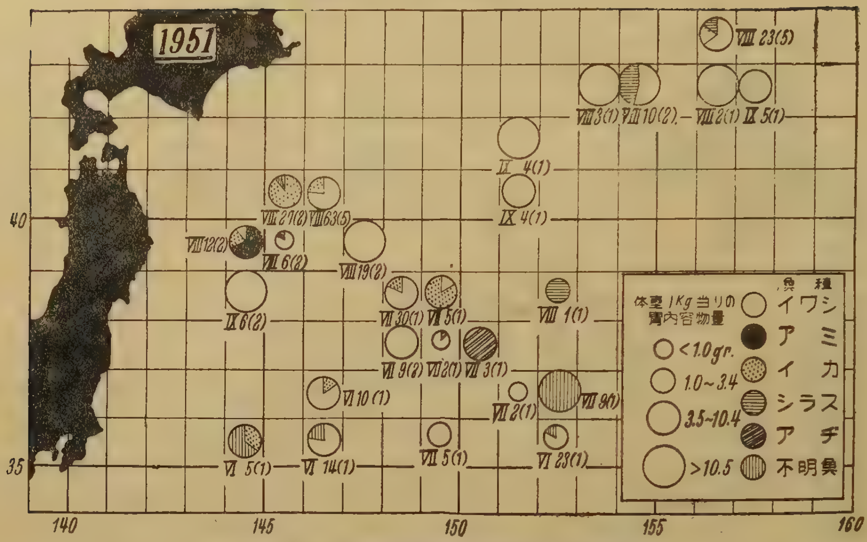
第2圖　1949 年の胃内容物の種類別・地理的分布



第3圖　1950 年の胃内容物の種類別・地理的分布

この圖からカツオ漁場に見られる餌料生物の時期的及び地理的分布は次の通りである。

イワシ類及びシラス　各月に亘り非常に大きい割合で相當沖合にまで分布している。



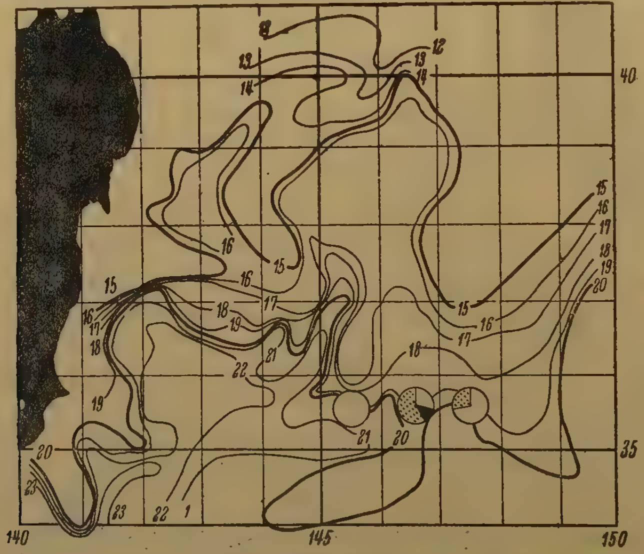
第4圖　1951 年胃内容物の種類別・地理的分布

イカ類　特に割合の大きい所は、1949年6月の35°N, 147°E附近, 7月の37°〜40°N, 149°〜152°E附近, 9月三陸近海魹崎附近, 1950年6月の35°N, 145°E附近, 5月・6月 30°〜34°N, 138°〜142°E, 1951年7月・8月の40°N, 145°E附近と38°N, 149°E附近である。

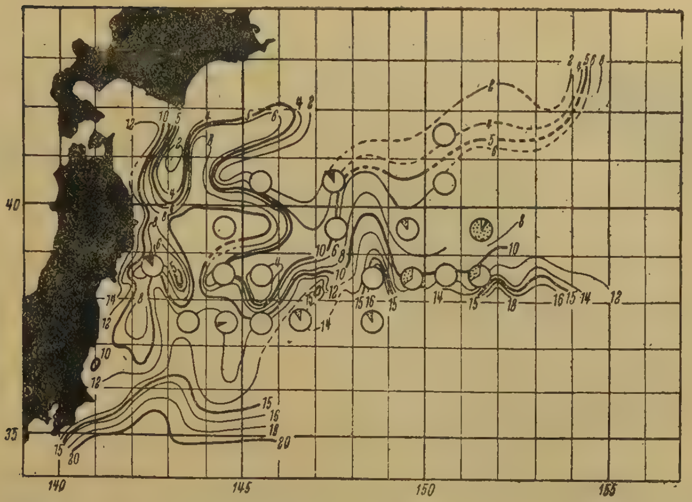
アミ類　多いところは1949年9月の42°〜44°N, 148°〜152°E, 1950年9月・10月の39°-41°N, 143°〜152°E附近, 1951年8月の39°-40°N, 144°-145°Eと42°〜44°N, 156°〜157°E附近である。

(2). 餌料生物の分布と海況關係

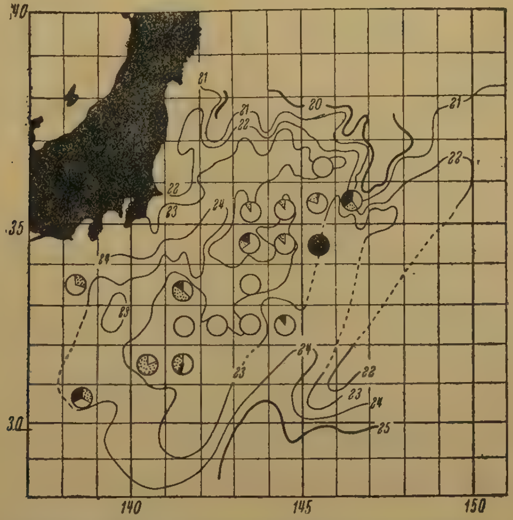
海況要因としては水溫を採上げる。6月迄は對流期であり、上・下層の水溫に餘り差がないから、表面水溫との關係を考察したが、7月以降は成層期であるから、100m層の水溫を採つた（第5圖-第8圖)。



第5圖　1949 年6月中旬表面水溫分布と餌料生物分布との 關係

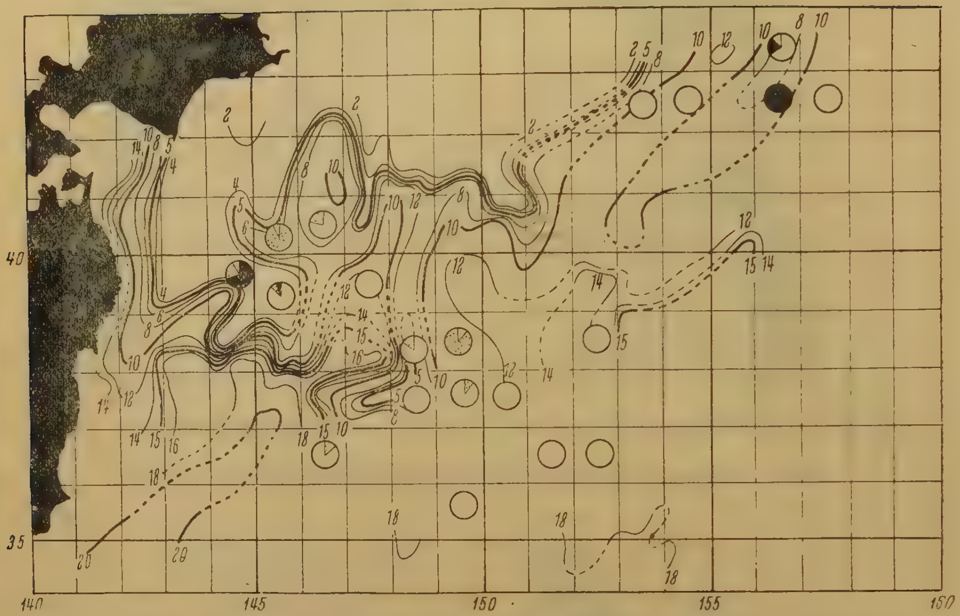


第6圖　1949年7月14日～8月13日100 m 等溫線と餌料生物分布との關係



第7圖　1950年6月中旬表面水溫分布と餌料生物との關係

イワシ・シラスは上述の通り非常に廣範圍に亘つて分布しているので、特に海況との關連はみられなかつた。**イカ**は種類が明らかでないが、近海から152°E附近迄各方面に見られ、それより沖では全く見られない。尙5月～7月伊豆諸島海區から常磐沖200～300浬方面でかなりカツオの胃の中にみられ、更に黑潮勢力の北上と共に三陸沖200～500浬にも、年によつてかなり多量にみられた。**アミ**も8月～10月最高水溫から次第に低溫になる時の潮境に多くみられる。從つて**イカ・アミ**も結局は黑潮暖流と親潮寒流の潮境附近に多く分布している事になる。



第8圖　1951年7月21日～8月31日 100 m等溫線分布と餌料生物分布との關係

（3） 胃と腸の内容物の關係

次に月別にカツオの胃内容物と腸（12指腸・中腸）の内容物との關係をその出現頻度で表わしたものが第3表である。12指腸と中腸とは殆んど同じ傾向であるから12指腸丈けについて考察する。胃内容物については既述した様に、東北海區では殆んど**イワシ**（主として**カタクチイワシ**）・**アミ**・**シラス**が多くみられた。又152°E以東の遠洋水域では殆んどすべてが**イワシ**（**カタクチイワシ**）で、時に**シラス**（**カタクチシラス**）の多い時もあり、稀に**アミ**がみられることもあつた。胃と腸の内容物の代表である**イワシ・アミ**について、その出現率を描くと第9圖となり、胃と腸との關係は全く同一の傾向を示しているが、**イワシ・アミ**共に腸の方が胃よりも出現率が常に高くなつている。このことは空虚なものの出現率と併せ考えて、胃の消化速度と腸の消化速度の差によるものと考えられる。然し遠洋水域の漁場では、これらと異なつた状態が認められるが供試數も少ないので、この原因については判らない。

（4） 餌料の海洋に於ける分布狀態

カツオの消化管内に見られる餌料生物が、海洋に於いて天然の狀態ではどんな季節的・地理的分布をしているかについては、1953年にカツオ漁船・延繩漁船・調査船に依頼して、航海中或は漁場で發見したものをその種類と分布量等を記録してもらい、又カツオが釣獲直後に船上に吐出

第3表　胃・腸内容物の關係
東北海區漁場

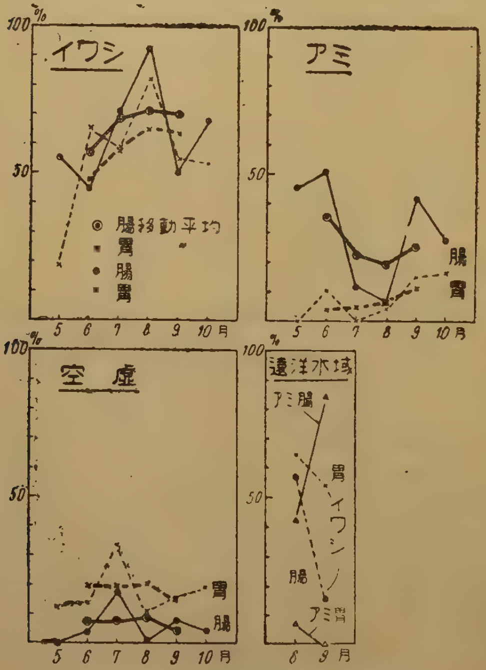
（イタリツク數字は %）

月		5月								8月						
腸内容物＼胃内容物		イワシ	サバ	シラス	イカ	アミ	不明	空虚	計	イワシ	サバ	シラス	イカ	アミ	空虚	計
十二指腸	イワシ	9	1	9	5	—	—	3	27 *55.0*	50	1	1	—	1	6	59 *92.2*
	アミ	—	—	10	9	—	—	3	22 *45.0*	1	—	—	—	2	1	4 *6.3*
	空虚	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1 *1.5*
	計	9 *18.4*	1 *2.0*	19 *38.8*	14 *28.6*	—	—	6 *12.2*		52 *81.3*	1 *1.5*	1 *1.5*	—	3 *4.7*	7 *11.0*	
中腸	イワシ	9	1	9	5	—	—	—	24 *55.7*	48	1	1	—	1	5	56 *90.4*
	アミ	—	—	10	9	—	—	—	19 *44.3*	1	—	—	—	2	1	4 *6.4*
	空虚	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	2 *3.2*
	計	9 *20.9*	1 *2.3*	19 *44.2*	14 *32.6*	—	—	—		51 *82.4*	1 *1.6*	1 *1.6*	—	3 *4.8*	6 *9.6*	
		6月								9月						
十二指腸	イワシ	63	1	1	4	4	1	16	90 *44.8*	61	3	15	—	6	9	94 *50.2*
	アミ	64	1	2	6	17	2	11	103 *51.2*	30	3	4	1	22	18	78 *41.7*
	空虚	5	1	—	—	—	1	1	8 *4.0*	12	—	—	—	—	3	15 *8.1*
	計	132 *65.7*	3 *1.5*	3 *1.5*	10 *5.0*	21 *10.4*	4 *2.0*	28 *13.9*		103 *55.1*	6 *3.2*	19 *10.1*	1 *0.6*	28 *15.0*	30 *16.0*	
中腸	イワシ	56	1	1	3	4	1	14	80 *40.0*	49	1	14	—	4	7	75 *42.0*
	アミ	62	1	2	6	17	2	12	102 *51.0*	31	4	5	1	22	12	75 *42.0*
	空虚	15	1	—	—	—	1	1	18 *9.0*	19	—	—	—	—	9	28 *16.0*
	計	133 *66.5*	3 *1.5*	3 *1.5*	9 *4.5*	21 *10.5*	4 *2.0*	27 *13.5*		99 *55.6*	5 *2.8*	19 *10.7*	1 *0.6*	26 *14.6*	28 *15.7*	
		7月								10月						
十二指腸	イワシ	55	1	1	6	—	—	17	80 *70.8*	35	—	7	—	7	9	58 *67.5*
	アミ	8	—	—	—	—	—	5	13 *11.5*	9	—	—	—	6	9	24 *27.9*
	空虚	2	1	—	1	—	—	16	20 *17.7*	2	—	—	—	1	1	4 *4.6*
	計	65 *57.5*	2 *1.8*	1 *0.9*	7 *6.2*	—	—	38 *33.6*		46 *53.5*	—	7 *8.1*	—	14 *16.3*	19 *22.1*	
中腸	イワシ	43	1	1	6	—	—	15	66 *61.1*	34	—	7	—	7	9	57 *67.0*
	アミ	5	—	—	—	—	—	3	8 *7.4*	9	—	—	—	6	8	23 *27.0*
	空虚	12	1	—	1	—	—	20	34 *31.5*	3	—	—	—	1	1	5 *6.0*
	計	50 *51.0*	2 *2.0*	1 *1.0*	7 *7.1*	—	—	38 *38.9*		46 *54.1*	—	7 *8.2*	—	14 *16.5*	18 *21.2*	

第3表（つゞき）　遠　洋　水　域　漁　場

（イタリツク數字は ％）

腸内容物 ＼ 胃内容物		8月 イワシ	8月 サバ	8月 アミ	8月 空虚	8月 計	9月 イワシ	9月 空虚	9月 計
十二指腸	イワシ	37	1	1	9	48 *57.1*	2	—	2 *15.4*
	アミ	17	1	5	13	36 *42.9*	5	6	11 *84.6*
	空虚	—	—	—	—	—	—	—	—
	計	54 *63.3*	2 *2.4*	6 *7.1*	22 *26.2*		7 *53.9*	6 *46.1*	
中腸	イワシ	26	—	1	8	35 *45.4*	1	—	1 *7.7*
	アミ	19	2	5	14	40 *52.0*	6	6	12 *92.3*
	空虚	2	—	—	—	2 *2.6*	—	—	—
	—	47 *61.0*	2 *2.6*	6 *7.8*	22 *28.6*		7 *53.9*	6 *46.1*	

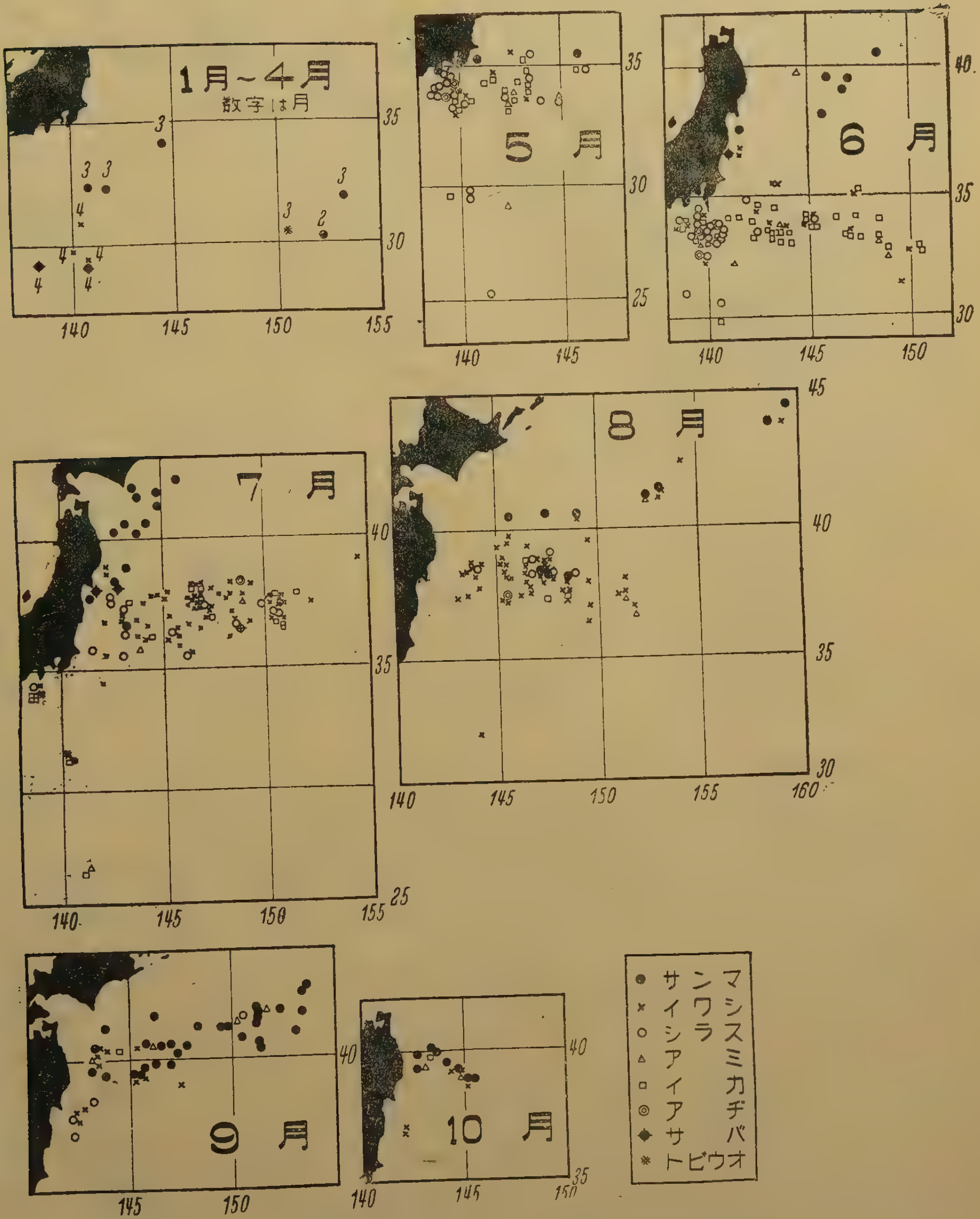


第9圖　胃・腸主要内容物の出現率

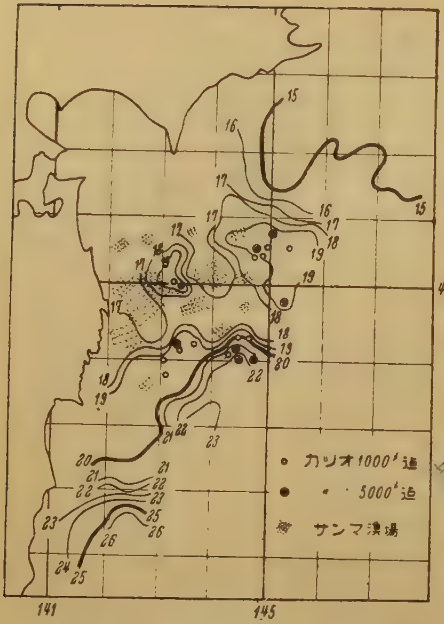
したものを調べ（第4表）、これらの資料に基いて、各月毎にそれらの分布を描いたものが第10圖である。この記録はカツオ・マグロ等の特定の漁業に從事した漁船の記録であるから、餌料生物の海洋全般に於ける分布をみることが出來ないが、或程度の天然の動物相の分布狀態を推察することが出來る。圖から東北海區では**小イカ・シラス・イワシ類・アミ類・サンマ**が動物相として表われており、サンマを除くと、上述の食餌組成と極めてよく一致している。**サンマ**はカツオと游泳水域の水溫が異なる。即ち**サンマ**は水溫20度以下、特に17度前後に多く、カツオは20度以上であるから游泳水域の相違がカツオの消化管内に**サンマ**を見ない主原因である。しかし潮境が顯著に發達して、20度以上の水塊と17度程度の水塊とが非常に接近している樣な場合には、カツオも**サンマ**に接近する事になる。例えば1953年10月11日～16日 39°N, 142°30′E～145°E のカツオ漁場と**サンマ**漁場が鋭い潮境の周邊に並んで成立した樣な場合には、**サンマ**を追つているカツオ大群

第4表　カ　ツ　オ　の　吐　出　物（東北海區）

年 月 日	位　　置	魚　　種	尾　數	體長範圍 (mm)
'53-VII-7	36-52 N 146-50 E	カタクチイワシ マイワシ	10 1	80～95 100
'53-VII-18	35-48 N 148-03 E	ムロアヂ カタクチイワシ(シラス)	1 30	103 Ca. 25～28



第10圖　餌料の生物分布狀態



第11圖　1953年10月11日～16日のカツオ漁場とサンマの鋭い潮目

が見られている（第11圖）。

(II)　伊豆諸島海區

この海區は伊豆大島からスミス島・鳥島・ソーフ島（29°–50′N, 140°–20′E）に走る列島線と大竇出し漁礁から新島・錢洲に至る列島線及びその周邊の島嶼・漁礁を含む所謂瀬付カツオ群の多い海區である（第1圖）。

材料は1950年から1953年までに（I）と同様に集められたが、期間は5月・6月丈けで、その數も僅かに185個に過ぎない。その胃内容物の種類・消化程度別にカツオの體重1kg當りの各々の重量を更に漁場毎に表わしたものが第5表である。從つて比較的材料の多い1950年についてその食餌組成を百分率で示すと第3圖となる。此の海區も東北海區と同様に、5月・6月**イカ**の割合が目立つ。これは既述した様な海況狀態の影響によるものと思われる（第3圖）。

この海區の食餌の種類は、**イワシ類・シラス・イカ・サバ・エビ類・不明魚**であつて、東北海

第5表　伊豆諸島海區の食餌組成（カツオ體重1kg當り）

年	1950						1951	1952	1953
月	4月	5月			6月		6月	6月	10月
魚種及消化程度 ＼ 漁場	黒瀬・新黒瀬	錢洲以北	黒瀬	海德場	錢洲	海德場	スミス島	八丈島附近	金洲
イワシ類 A	1.32	—	—	—	—	—	—	1.43	18.00
イワシ類 B	0.50	2.30	2.29	5.15	—	14.35	9.90	—	0.76
イワシ類 C	0.50	1.36	1.51	0.07	3.90	0.43	0.89	0.99	—
イワシ類 D	0.93	0.64	—	—	—	—	—	—	—
イワシ類 E	—	—	—	—	—	—	0.41	—	—
イワシ類 F	—	—	—	—	—	—	0.43	1.95	—
アミ	—	—	4.10	—	—	1.19	—	—	—
シラス	—	3.79	—	0.01	—	—	—	—	—
イカ	0.30	—	1.51	2.99	2.38	1.66	1.59	—	—
エビ	—	—	—	2.45	—	—	—	—	0.38
サバ A	—	—	—	2.60	—	—	—	—	—
サバ B	81.5	—	—	—	2.50	—	—	3.68	6.82
不明魚	—	—	B1.83	—	—	—	—	4.31	—

區と比較するとその種類は稍々多く、特に**サバ・エビ**が目立つている。これは本海區が島嶼・漁礁に富み、**サバ**の好漁場であると共に、瀬付カツオとして沿岸性の**小魚・エビ類**を攝食するからである。

此の海區の餌料生物の分布狀態は第10圖の通りである。

(III) 小 笠 原 海 區

この海區は小笠原諸島の父島・母島から硫黄島を經て舊南洋群島ウラカス島に到る列島線に沿つた 20°～29°N の範圍の漁場であり（第1圖)、伊豆諸島海區のカツオ群と同様瀬付のカツオである。

材料は1951年・1953年に（I）と同様にして得られたもので、その數は僅か79尾に過ぎないので、その季節別・漁場別の食餌組成について比較検討をすることは出來ないが、餌料生物の種類別・消化程度別にカツオ體重 1 kg 當りの重量を求めると第6表の様になる。此の海區の食餌の種類は東北海區・伊豆諸島海區と異なり、消化殘滓の中にも各種の魚の骨骼が認められた。之等の事は船上に吐出されたものについて見ると更に明らかである（第7表)。即ちこの海區では**アイゴの類・イツトウダイの類・トビウオの類・タカサゴの類・カツオ・イカ類・フネタコ類**が特に目立つている。

第6表　小笠原海區の食餌組成

魚種及消化程度別		重量（カツオ體重 1 kg 當り）
イワシ類	A	53.78
	B	5.13
	C	8.31
	D	—
	E	3.48
イカ		10.87
フグ		0.41
トビウオ		1.75
ミズウオ		6.84
カツオ		0.32
イツトウダイ類		0.03
フネタコ類		0.26
殘滓		8.10

(IV) 紀 南 海 區

この海區は紀南礁・高鵬礁・南北大東島・沖大東島を含む紀州・四國近海及び沖合の漁場であるが、漁場を大別して（1）29°N 以北の紀南礁及び四國・熊野灘近海の漁場、（2）29°N 以南の高鵬礁及び北大東島・沖大東島の漁場に分けることが便利である（第1圖)。本文では後者の材料がないので、前者特に四國近海のカツオの食餌組成について述べる。

材料は1950年・1953年の122尾である。この兩年の食餌組成を表わしたものが第8表で1950年には**イワシ**の新鮮なものが多く、1953年には**アヂ**の稍々消化の進んだものが多かつたのは前者では**イワシ**を撒餌として使用した漁獲直後の材料であり、後者では主として**アヂ**を撒餌とした漁獲後30時間を經過した材料であつた爲である。供試數も少ないので、季節的漁場別の食餌組成は明らかでないが、1953年の大正礁の瀬付のカツオについてみると、**アヂ・サバ・アヂ幼魚・ヨコエソ科の類・エビ類・イカ類**が多い。四國近海は**アヂ・サバ**の好漁場として知られ、又この方面のカツオの吐出物は殆んど**アヂ**であつたことが報告されている（加藤・本田 1954)。

第7表　カ　ツ　オ　の　吐

採集年月日	1953 VII-23	'53 VII-31	'53 VIII-1	'53 VIII-3	'53 VIII-19	'53 VIII-20	'53 IX-5	'53 IX-6	'53 IX-6
漁場位置 N / E	23～55 142～50	23～05 142～05	22～42 142～03	23～23 141～50	22～45 141～50	23～44 143～01	25～08 140～05	24～53 139～35	24～49 139～17
ム　ネ　エ　ソ	—	—	—	—	1 (—)	—	—	—	—
ヨ コ エ ソ 科	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ト ビ ウ オ 科*1	—	—	—	—	—	—	—	3(90～100)	—
アカマツカサ	—	—	—	—	1 (—)	—	—	—	—
イットウダイ類	—	—	—	5 (—)	2 (31～34)	—	—	—	—
カ　ツ　オ	—	—	—	—	1 (172)	1 (190)	—	—	—
Auxis sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Thunnidae	—	—	—	—	—	—	—	—	—
シ　イ　ラ	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ア　ヂ　科*2	14(40～50)	—	1 (120)	—	—	—	3(60～73)	2 (75)	1 (110)
ヒ メ ジ 類	—	—	—	—	—	—	—	—	—
チ ビ キ 類	—	—	1 (—)	1?(—)	—	—	—	—	—
キントキダイ	—	—	1 (—)	—	—	—	—	—	—
Etelis sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
メイチダイ	—	—	—	—	—	—	—	—	—
タカサゴ類	—	—	—	—	—	—	—	—	—
クロハギ類	—	—	—	1 (—)	—	—	—	—	—
ア イ ゴ 類	—	4(63～67)	4(50～60)	—	10(58～68)	1 (61)	—	—	—
モンガラカワハキ	—	—	—	—	—	1 (29)	—	—	—
ウミスズメ	—	—	—	—	—	—	—	—	—
クマサカフグ	—	—	—	1 (—)	—	—	—	—	—
ヒゲキホウボウ	—	—	—	—	—	1(Ca. 45)	—	—	—
タ ル ミ 類	—	—	—	—	—	—	—	1 (40)	—
Dicrotus sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
イ　カ　類*3	—	1 (45)	3(21～25)	1 (67)	—	—	—	—	1(Ca. 50)

*1 トビウオ科……　…サヨリトビウオ,
*2 ア　ヂ　科…………マアヂ, ムロアヂ
*3 イ　カ　類…………イカ類, ヤリイカ
(註) 1. イカ類の體長は外套膜長
2. 數字は尾數を表わし(　)

(V) 薩　南　海　區

この海區の漁場を大別すると、(1) 屋久島から奄美大島の西側に至るトカラ群島區、(2) 沖縄本島から八重山列島の西側・魚釣島に至る沖縄漁場區、(3) 九州西の五島列島から男女群島に至る九州西漁區で、各漁區共に東海・黄海の200m等深線より東側である。更に (4) フィリッピンのルソン島北部のバブヤン・バタン諸島を含むルソン漁區に分けられる (第1圖)。これらの漁場のカツオは瀬付・島付のカツオが大部分である。

材料は1950年～1952年の3ヶ年間に枕崎港の加工場から漁況の判明しているものについて魚体測定を行い、その消化管の譲渡を受けたもので總數900個である。各月毎・漁區別に胃内容物の

出　物（小笠原海區）

'53 IX-9	1951 IX-16～IX-20	'51 IX-16～IX-21	'51 X-17	'51 X-20	'51 X-22	'51 X-22～X-24	'51 X-23	'51 X-28	
24～38 139～28	中硫黄島	ウラスカ島	26～53 141～30	母島 S7'	硫黄島 W10'	北硫黄島	24～03 141～40	24～00 141～58	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 (—)
—	2 (30～32)	—	—	—	—	6 (38～41)	—	4(27～32)	12(27～41)
—	—	—	—	1 (68)	—	—	—	—	4(68～100)
—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 (—)
—	6 (26～42)	2 (30～42)	—	1 (51)	—	—	—	—	16(26～51)
—	1 (65)	—	—	—	1 (49)	—	—	—	4(49～190)
—	—	—	—	—	1 (—)	—	—	—	1 (—)
—	—	—	—	—	1 (55)	—	—	—	1 (55)
—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 (110)
1 (90)	—	—	—	—	—	—	—	—	21(40～120)
—	1 (—)	—	—	—	—	—	—	—	1 (—)
—	—	—	—	—	—	—	—	—	2 (—)
—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 (—)
—	—	1 (62)	—	—	—	—	—	—	1 (62)
—	3 (52～66)	1 (50)	—	—	1 (53)	1 (56)	—	—	6(50～66)
33(50～65)	—	—	—	—	—	—	—	—	33(50～65)
—	—	1 (28)	—	—	—	—	—	—	2 (28)
—	—	—	—	—	—	—	—	—	19(50～68)
—	—	1 (34)	1 (47)	—	—	—	—	—	3(39～47)
—	—	—	—	—	—	—	1 (—)	—	1 (—)
—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 (—)
—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 (Ca. 45)
—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 (40)
—	—	1 (57)	—	—	—	—	—	—	1 (57)
—	1 (49)	1 (35)	—	—	2(31～43)	—	—	—	10(21～67)

ハゴロモトビウオを含む
を含む
類
を測定
內數字は體長範圍を示す．單位 mm

種類消化程度別にカツオの體重 1 kg 當りの重量を表わしたものが第 9 表である。**カタクチイワシ**が分布していないと思われる水域（沖縄區・ルソン區）にも、本種が相當の割合を示しているのは上記した樣に陸揚げ後の材料であつた爲に、撒餌が可成り消化されて表われて來たものと思われる。

(1) 各漁區の食餌組成

ルソン區　供試數が少ないので明らかではないが、**イワシ類**、**イカ類**、**ムロアヂ類*** が見出された。

* 第 9 表にムロアヂ類が除かれているのは、カツオの魚體が不明であつたからである。

第8表　四國近海の食餌組成（カツオ體重1kg當り）

年	1950				1953	
月	4月	5月			5月	6月
魚種及消化程度＼漁場	30°N, 132～135°E	30°N, 132～135°E	紀伊水道口	大王崎	大正礁	大正礁
イワシ類 A	—	—	12.50	—	—	—
イワシ類 B	0.55	1.77	5.26	—	—	2.02
イワシ類 C	0.27	6.05	—	—	—	1.65
イワシ類 殘滓	—	0.18	—	—	—	5.39
イカ	—	0.75	—	—	1.71	—
アヂ A	—	—	—	—	12.95	—
アヂ B	—	—	—	—	7.74	65.00
アヂ C	—	0.30	—	—	18.03	8.48
アヂ D	—	—	—	—	4.71	1.22
アヂ幼魚	—	—	—	—	0.91	—
サバ	—	—	—	—	1.58	5.13
シラス	—	—	—	13.48	—	—
ヨコエソ科	—	—	—	—	26.50	—
エビ類	—	—	—	—	0.33	0.21
クロタチカマス科	—	—	—	—	0.29	—
ソーダカツオ	—	—	—	—	0.21	—
不明	—	—	—	—	0.84	0.65
殘滓	—	—	—	—	—	2.80

第9表　薩南海區カツオの食

月	1月	2月		3月			4月			5月			6月	
魚種及消化程度＼漁場	沖繩區	ルソン區	沖繩區	ルソン區	沖繩區	トカラ區	ルソン區	沖繩區	トカラ區	ルソン區	沖繩區	トカラ區	沖繩區	トカラ區
イワシ類 A	1.77	1.55	0.16	—	—	—	—	—	3.10	2.00	0.81	1.12	1.19	—
イワシ類 B	2.65	1.22	0.04	—	1.75	0.23	—	2.29	4.47	—	2.34	6.99	10.04	1.45
イワシ類 C	—	1.43	0.24	0.09	6.50	—	—	18.70	0.61	0.14	4.00	7.79	12.08	7.80
イワシ類 D	—	0.84	—	—	—	0.11	—	—	—	—	—	0.07	—	—
イワシ類 E	—	0.30	0.19	—	1.37	—	—	2.19	—	—	1.46	1.55	1.53	—
イワシ類 殘滓	1.25	0.27	0.14	0.20	—	0.16	2.76	1.38	1.15	8.12	5.05	3.36	2.88	2.77
フグ.カワハギ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.04	0.07	0.01	0.05
イカ	—	2.69	—	—	0.57	1.10	—	0.98	0.57	—	0.75	1.25	0.13	0.93
エビ・アミ・甲殼類	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.50	1.47	0.81	0.01	—
サバ	—	—	—	—	—	2.85	—	—	0.75	—	0.16	1.64	0.11	—
トビウオ	2.00	—	0.03	—	—	0.84	—	—	—	—	—	—	—	—
クロタチカマス科	—	0.34	—	—	—	0.12	—	—	—	—	0.30	0.23	0.03	—
シラス	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
カツオ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.15	—	0.81	—
不明魚	—	—	—	—	—	—	—	1.73	5.26	—	5.43	3.06	0.59	0.46
不明稚・幼魚	—	—	—	—	—	—	—	—	1.15	—	—	1.84	0.28	—
キビナゴ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.04	—	—
ソーダカツオ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.46	0.83	0.03

沖縄區　殆んど周年に亘つて多く認められるものは、**イワシ類**、**イカ類**で、季節の移行と共に食餌の種類も多くなつている。即ち4月～8月には**サバ類**、**エビ・アミ・カニ稚仔類の甲殼類**、**フグ類**、**カツオ幼魚**、**ソーダカツオ類**、**不明魚**、**不明稚幼魚**が多く、9月～11月には**カツオ幼魚・アヂ類・不明魚**が著しく、1月・2月には**トビウオ類**が目立つている。

トカラ區　沖縄區と殆んど類似しているが、量的にみると**サバ類・イワシ類**が沖縄區よりも多い。

九州西區　8月～10月の短期間の漁場であるこの漁區では、その內容物は殆んど**イワシ類**、これに**アヂ類**が混じつている程度で、その組成は比較的單純である。

（2）餌料の海洋に於ける分布狀態

餌料生物の分布狀態について、東北海區と同樣にして得られた記錄に基いて、各月別に纒めたものが第12圖である。各漁區の胃內容物の種類と之等餌料の海洋に於ける分布狀態との關連については、餌料分布の方は船上の觀察記錄に過ぎないのであるが、その樣相は胃の內容物と極めてよく領似している。次にカツオが船上で吐出したものについては第10表1～3の通りで、その種類は極めて多く複雜である。この海區で興味深いのは、サンマが9月・12月・3月にカツオの吐出物中に認められた事である。この海區のカツオが**サンマ**を喰べている事は既に報告されている（矢部1951)。東北海區では既述した樣に兩者の游泳水域の相異によつて胃內容物中に認められな

餌　組　成（カツオ體重1kg當り）

7月		8月			9月			10月				11月		
沖縄區	トカラ區	沖縄區	トカラ區	九州西區	沖縄區	トカラ區	九州西區	ルソン區	沖縄區	トカラ區	九州西區	ルソン區	沖縄區	トカラ區
0.59	2.88	1.31	—	—	—	—	1.91	—	0.13	3.71	2.91	1.93	1.47	—
9.76	5.30	2.25	7.1	—	5.56	21.15	22.45	—	3.69	3.85	9.90	0.15	4.91	2.44
3.82	13.06	8.32	11.5	0.48	3.73	3.68	—	1.41	2.43	—	3.50	0.63	—	3.93
—	1.42	0.22	—	3.68	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.21	0.50	0.12	—	—	0.89	—	5.10	—	—	—	4.45	—	—	—
4.69	—	8.15	2.45	1.70	2.28	1.87	—	—	3.99	—	—	4.67	—	0.93
0.92	0.07	0.04	—	—	—	—	—	—	0.33	—	—	—	—	—
3.17	1.55	1.87	—	—	—	—	—	2.87	0 26	—	—	0.12	1.60	4.10
0.86	0.19	0.06	—	—	0.09	—	—	—	—	—	—	0.18	—	—
2.75	3.20	0.73	4.49	1.21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.72	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13.85	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	0.02	—	—	—	—	—	—	3.43	18.40	0.88	—	3.68	0.93
1.41	—	ミズウオ 0.08	—	—	—	—	—	0.67	—	—	—	—	—	—
—	—	アヂ0.43	アヂ 3.93	アヂ 1.38	—	—	アヂ 3.81	アヂ 0.91	アヂ0.33 3.31	—	—	5.60	1.62	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	0.14	2.10	—	—	—	11.95	—	—	—	—	—	—	—	—

第10表　カツオの

魚種＼月	沖繩區 4月	5月	6月	7月	8月	9月	不明	計
キビナゴ	—	—	—	—	—	1(—)	—	1 (—)
マイワシ	—	—	—	—	—	—	—	—
ヨコエソ科	—	39(30~45)	—	—	—	—	—	39(30~45)
ナメハダカ	—	4(55~75)	—	2(55~109)	—	—	—	6(55~109)
ダイコクサギフエ	1 (52)	1 (45)	—	—	—	—	—	2 (45~52)
トビウオ科*1	1 (23)	2(45~60)	1 (65)	—	—	—	5(27~45)	9 (23~65)
サンマ	—	—	—	—	—	—	—	—
カマス科	—	2 (50)	—	—	—	—	—	2 (50)
ツバメコノシロ	—	—	—	—	—	—	—	—
ヒシマトウダイ	—	1 (18)	—	—	—	—	—	1 (18)
イットウダイ	2 (—)	1 (18)	—	—	—	3(—)	—	6 (18)
ニジエビス	—	—	—	1 (Ca. 50)	—	—	—	1 (Ca. 50)
サバ科*2	46(30~45)	54(20~104)	—	—	—	—	—	100(20~104)
カツオ	—	11(20~154)	—	1 (80<)	—	—	—	12(20~154)
Auxis spp. *3	—	12(16~102)	—	—	16(62~102)	—	—	28(16~102)
サワラ科	—	—	—	1 (24)	—	—	—	1 (24)
クロタチカマス科*4	3(45~140)	3(60~<105)	—	—	—	—	—	6(45~140)
タチモドキ	1 (116)	1 (180)	—	—	—	—	—	2(116~180)
マカジキ科	—	—	—	1 (25)	—	—	—	1 (28)
タカベ	—	—	—	—	—	—	—	—
エボシダイ	—	1 (104)	—	—	—	—	—	1 (104)
アヂ科*5	1 (—)	15(22~65)	65(42~70)	17(43~105)	3(75~93)	—	—	101(22~105)
ギンカガミ	—	—	—	—	—	—	—	—
キンメモドキ	1 (—)	—	—	—	—	—	—	1 (—)
ヒメジ類	—	—	—	—	—	—	3(47~52)	3(47~52)
チビキ	—	1 (38)	2 (—)	—	—	—	—	3 (38)
キントキダイ科*6	—	—	—	2(30~40)	—	—	—	2(30~40)
ハタ類	—	4(25~28)	—	6(20~25)	—	—	—	10(20~28)
ハナダイ類	—	—	—	2(21~30)	—	—	—	2(21~30)
タカサゴ類	—	—	—	2(50~56)	9(68~83)	—	—	11(50~38)
クマササハナムロ	—	—	—	1 (67)	—	—	—	1 (67)
ツノダシ	—	—	—	—	—	—	—	—
テウテウウオ類	2 (—)	—	3 (—)	1 (29)	—	—	1 (15)	7(15~29)
クロハギ類	—	—	2 (—)	—	—	—	—	2 (—)
ニザダイ	—	—	—	3(30~39)	—	—	—	3(30~39)
アイゴ類	1 (—)	—	—	—	—	—	—	1 (—)
モンガラカワハギ科*7	1 (—)	1 (Ca. 45)	—	7(13~38)	—	—	—	9(13~Ca.45)
カワハギ	1 (—)	—	—	—	—	—	—	1 (—)
クマサカフグ	—	—	—	—	—	—	—	—
キタマクラ	—	1 (22)	—	—	—	—	—	1 (22)
ハリセンボン	—	—	—	—	—	—	—	—
ヤリマンボウ	—	—	—	1 (29)	—	—	—	1 (29)
ナガコバン	—	—	—	1 (43)	—	—	—	1 (43)
タイワンイカナゴ	—	—	—	1 (83)	—	—	—	1 (83)
不明魚	4 (—)	5 (—)	3 (—)	8 (Ca. 50)	—	—	2 (—)	22 (Ca. 50)
不明稚魚	1 (27)	4 (—)	—	—	—	—	—	5 (27)
イカ類*8	2 (37)	11(Ca. 60)	3(15~29)	3(50~88)	—	—	—	19(15~88)
カイダコ	—	1 (30)	—	—	—	—	—	1 (30)

*1 トビウオ科…………イダテントビウオ，アヤ
*2 サバ科…………サバ類，ゴマサバを含む
*3 *Auxis* spp.…………ヒラソーダ，マルソーダ
*4 クロタチカマス科…………フウライカマス，ナガタ
*5 アヂ科…………マアヂ，オアカムロ．ム
*6 キントキダイ科…………キントキダイ，チカメキ
*7 モンガラカワハギ科…………モンガラカワハギ，クロ
*8 イカ類…………イカ類，ミミイカ，ヤリ

〔註〕 1. イカ類の體長は外套長を測定
2. 數字は尾數を表わし（　）内數字は體

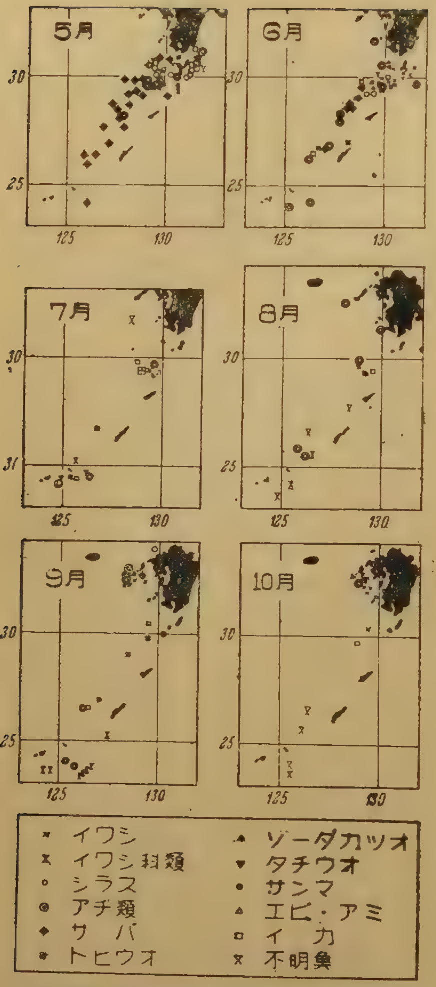
吐　出　物（薩南海區）

トカラ區							不明	合計	
3月	4月	5月	6月	9月	12月	計	不明	尾數	體長範圍
—	—	—	—	—	—	—	—	1	— mm
—	—	4 (70)	—	—	—	4 (70)	—	4	70
—	—	—	—	—	—	—	—	39	30～45
—	—	—	—	—	—	—	—	6	55～109
—	—	—	—	—	—	—	—	2	45～52
—	1 (95)	—	2(65～80)	—	—	3 (65～95)	1 (45)	13	23～95
1(290)	—	—	—	1(150級)	5(250級)	7(150～290)	—	7	150～290
—	—	—	—	—	—	—	—	2	50
—	—	—	3 (—)	—	—	3 (—)	—	3	—
—	—	—	—	—	—	—	—	1	18
—	—	—	—	—	—	—	—	6	18
—	—	—	—	—	—	—	—	1	Ca. 50
—	7(23～38)	—	—	—	—	7 (23～38)	—	107	20～104
—	—	1 (128)	—	—	—	1 (128)	—	13	20～154
—	—	3(120～114)	—	—	—	3(110～120)	5 (72)	36	16～120
—	—	—	—	—	—	—	—	1	24
—	—	—	—	—	—	—	—	6	45～140
—	—	—	—	—	—	—	—	2	116～180
—	—	—	—	—	—	—	—	1	25
—	—	—	—	—	—	—	1 (63)	1	63
—	—	—	—	—	—	—	—	1	104
—	—	36(44～47)	24(50～97)	—	—	60(44～97)	21(48～73)	182	22～105
—	—	—	—	—	—	—	1(Ca. 42)	1	Ca. 42
—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
—	—	—	1 (49)	—	—	1 (49)	—	4	47～49
—	—	—	1 (—)	—	—	1 (—)	—	4	38
—	—	—	—	—	—	—	1 (50)	3	30～50
—	—	—	—	—	—	—	—	10	20～28
—	—	—	—	—	—	—	—	2	21～30
—	—	—	—	—	—	—	—	11	50～83
—	—	—	—	—	—	—	—	1	67
—	—	—	1 (—)	—	—	1 (—)	—	1	—
—	—	—	—	—	—	—	—	7	15～29
—	—	—	1 (—)	—	—	1 (—)	—	3	—
—	—	—	—	—	—	—	—	3	30～39
—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
—	—	—	2 (—)	—	—	2 (—)	—	11	13～Ca. 45
—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
—	—	—	1 (26)	—	—	1 (26)	—	1	26
—	—	—	—	—	—	—	—	1	22
—	—	—	—	—	—	—	2(28～30)	2	28～30
—	—	—	—	—	—	—	—	1	29
—	—	—	—	—	—	—	—	1	43
—	—	—	—	—	—	—	—	1	83
—	—	—	4 (—)	1 (—)	—	5 (—)	—	27	Ca. 50
—	—	—	—	—	—	—	1 (27)	6	27
—	—	1 (75)	4(46～60)	—	—	5 (46～75)	15(20～26)	39	15～88
—	—	—	—	—	—	—	—	1	30

トビウオ，サヨリトビウオ，ハゴロモトビウオを含む

チカマス，クロタチカマスを含む
ロアヂ，Caranx uraspis を含む
ントキ．
ハギ類を含む
イカを含む

長範圍を示す．單位 mm



第12圖　薩南海區の餌料生物の分布狀態

かつたが、この海區では兩者は殆んど同一水域に游泳している點、**サンマ**の生態上面白い。又小笠原海區と同様カツオの幼魚がみられ、共喰いの現象がある。

(VI)　考　　察

カツオの食餌組成について全般的に考察すると東北海區では**イワシ類・シラス・イカ類・アミ類**であり、伊豆諸島海區では**イワシ類・シラス・イカ類・サバ・エビ類・不明魚**で、その種類も多くなつている。小笠原海區では**アイゴの類・イツトウダイの類・トビウオ類・タカサゴ類・カツオの幼魚・イカ類**であり、紀南海區四國近海では**アヂ・サバ・アヂの幼魚・ヨコエソ科の類・エビ類・イカ類**である。薩南海區ルソン區では**イカ類・ムロアヂ類**が多く、沖縄區・トカラ區では**サバ類・エビ類等の甲殼類・フグの類・カツオの幼魚・ソーダカツオ類・トビウオ類・不明魚及び不明稚・幼魚類**で、九州西區では殆んど**イワシ類・アヂ類**であつた。これらの食餌組成と各海區の餌料となる様な水族の分布狀態との關連は極めて良く一致している。又東北海區を除いた他の海區の漁場では、多くは瀨付・島付のカツオを漁獲しているので、海況と漁況、海況と食餌組成との關連について東北海區程密接ではなく、漁期も殆んど周年に亘つているので、東北海區の様に環境條件の差に伴つて主要な食餌が異なつてくるといつた關係は認められなかつた。上述した様に、各海區のカツオの食餌組成と餌料の海洋に於ける分布、環境との關連性或は共喰いの現象等から考えて、カツオの食餌に對する選擇性は強いものとは考え難く、寧ろその海域に多いものや捕食し易いものを食餌としている様に考えられる。

〔附〕　カツオの幼魚の食性

カツオの幼魚の食性について、成魚の胃內容物中から見出されたもの(堀田1953)について吟味を行つた。

その胃及び腸の內容物の種類別・個體數は表に示した様に、**魚類**と**甲殼類**に大別され、**カニの幼**

生も多く見られた。魚類を餌としている場合ではカツオの幼魚の體長 80～90 mm のものが體長 22～25 mm のものを攝つており、又體長 142 mm のカツオ幼魚では 64 mm の體長のものを捕食していた。

附表　カツオ幼魚の胃・腸内容物（個体數）

Class	Order	Genus	Stomach contents	Intetine contents
Crustacea			4(不明のカラし)	1(antena, foot存在)
	Decapoda (Brachyura)		5	11
	Euphausiacea		7	9
	Isopoda			1
	Ostrocoda			2
	Amphipoda		1	3
		Phronimopsis inifera	2	1
	Copepoda		6(antena 存在)	17(antenna, head, foot 殘滓存在)
		Calanus sp.	13	
		Caudacia sp.	1	
		Euchaeta marina ♂	32	
		Euchaeta japonica ♀	2	
		Euchaeta sp.	8	6
		Corycaus gracilis		23
		Arcrocalanus sp.		1
		Labidocera sp.	2	
		Oncaea sp.		4
Sagittoidea		*Sagitta greifhahen*		存　在
Pisces	Unknown (Teleostei)		10 (消化殘滓 2)	2
	Bone of fishes		6	6
	Eggs ?		6	
Empty			1	
Protozoa				1
Indistinct			8	2

参　考　文　献

岸上　鎌吉 (1895) : シビ・カツオの食物　動雜 7-77

岸上　鎌吉 (1917) : シビ類の食物　水產學會報 2-1

Kishinouye Kamakichi (1923) : Contribution to the comparative study of the so-called Scombroid fishes. Journ. Coll. Agr. Tokyo Imp. Univ. Vol. 8, No. 3.

末広　恭雄 (1936) : 鰹餌付不良原因調査　水產試驗場調査資料 No. 3

末広　恭雄 (1938) : 鰹餌付不良原因調査報告　水產試驗場報告 第9號

Suehiro Yasuo (1942) : A study on the digestive system and feeding habits of fishes. Japanease Jour. Zool. Vol. 10, No. 1.

宇田　道隆 (1933)：鰹の魚群體と海況　日本水產學會誌 vol. 2, No. 3
宇田　道隆 (1940)：鰹の漁況と海況と海況諸因子との關係　日本水產學會誌 vol. 9, No. 4
富永盛治朗 (1943)：カツオ　海洋の科學 vol. 3, No. 10
水產試驗場中村研究室 (1949)：昭和22年度カツオ・マグロ資源調査要報第1號
今村　　豊 (1949)：カツオ漁業　水產講座第6卷
矢部　　博 (1951)：薩南海區に於けるサンマ稚魚の分布　日本水產學會誌 vol. 17, No. 1
川崎　　健 (1952)：東北海區に來游するカツオのポピュレーションに就いて　東北水研研究報告第1號
東北水研海洋資源部 (1952)：カツオに就いて　東北水研叢書第1號
東北水研海洋資源部 (1953)：昭和28年度カツオ・サンマ漁況速報（謄寫）
藪田　洋一 (1953)：マグロ・カヂキ類の胃內容物（小笠原近海）南海水研業績集第1號
加藤　孝・本田　耕造 (1954)：本年度大正礁のカツオ漁業とその生態の概要（謄寫）德島水試だより第8號
木村喜之助 (1954)：カツオ群の性狀（第1報）　東北水研研究報告第3號
堀田秀之 (1953)：薩南海區のカツオの幼魚の分布について　東北水研研究報告第2號

日本西南海區に來游するカツオの移動および成長について※

川 崎 健

ON THE MIGRATION AND THE GROWTH OF THE SKIPJACK, *KATSUWONUS PELAMIS* (LINNAEUS), IN THE SOUTH-WESTERN SEA AREA OF JAPAN.

By
Tsuyoshi KAWASAKI

TRANSLATION IN
REPRINT FILE

Summary

(1) Using the data of the body-length composition for the three years, 1951 to 1953, the migration and the growth of the skipjack in the South-Western Sea Area of Japan were considered.

(2) There are two groups of skipjack in the South-Western Sea Area, which are distinguished from each other by their size. One is the fish group which wanders around the Liu-Kiu Chain from spring to fall and consists of IV-Group and III-Group (sedentary group) and the other is the fish group which migrates from the contact zone of the Kuroshio Current and the continental coastal waters to the Gotō-Nada from summer to fall and consists of III-Group and II-Group (migratory group). The former is the Chain-Group and the latter is the Gotō-Group.

(3) The migration pattern of each age-group of Chain-Group is as follows:

1. IV-Group appears near the Uotsuri-Jima Is. in January to February, reaching Tokara Area in February to March, which migrates southward from about April and after May spawns in the area near Kume-Jima Is. and on the south of the Sakishima Archipelago. Spawning ends by about September and from about October this group disappears from this area.

2. III-Group appears south of the Sakishima Archipelago in January and migrates northward from about Feburuary to the area around Kume-Jima Is. and Tokara Area, then stays throughout the Liu-kiu Area up to October.

(4) The Chain-Group becomes mature in summer and its growth in summer is not quick.

(5) The migration pattern of each age-group of the Gotō-Group is as follows:

1. III-Group appears in the contact zone of Kuroshio and the coastal waters and reaches the Gotō-Nada in August to September. This group migrates southward

※東北海區水產研究所業績 第44號

from about October, appearing in the Tokara Area in November, and goes to south in December.

2. We cannot speculate in detail about the II-Group because the duration of appearance of this group is short, but the general pattern of migration would be presumably the same as in the case of III-Group.

(6) Gotō-Group becomes mature in winter to early spring and the growth is very quick in summer and fall.

(7) The age-composition of the skipjack caught in winter in the Luzon Strait can be linked with that of the Gotō-Group. In winter the Gotō-Group would presumably be a sedentary group in this area and the Chain-Group a migratory group in the open sea.

〔1〕まえがき

西南海區に來游するカツオと東北海區に來游するそれとの關係については、現在まで何人かの人によつて論じられているが（宇田・筑紫[1]，岡本[2]，田内[3]，相川[4]）、西南海區即ち琉球列島を中心として、宮崎縣の東方及び五島灘を含む水域内に於ける小規模の回游については、殆ど見るべき報告がない。本水研では、枕崎港に於いてカツオについて、1951年以來各種の調査を行つているが、其の中体長組成について、1953年まで3ヶ年の調査結果が一應まとまつたので報告する。

列島線を含む九州の南側から西側へかけての水域は、日本近海を回游する沿岸性の重要魚種の主要な産卵場として極めて重要なところである。從つて生物相（魚類相）はかなり複雜で生態學上非常に興味深い水域であり、又同一種内に於いても、幾つかの生態型が存在する場合があるのではないかと想像される。本報告に於いては、此の複雜な生態系のうちから、カツオのみをとり上げて考察を行うのであるが、將來は更に深く、種間のつながり合いを檢討して行きたいと考えている。

〔2〕西南海區の地形および海洋條件（第1圖および第10圖參照）

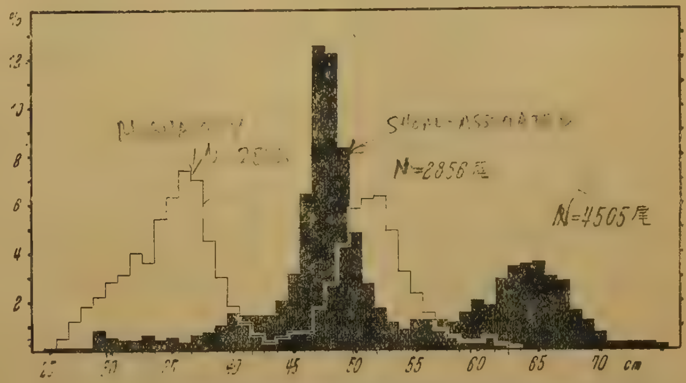
本論に入るのに先立つて、西南海區の地形および海洋條件についてごく簡單にふれておく。地形條件として重要なものは、東海の中國大陸寄りに發達している廣大な大陸棚と、太平洋と東海とを區切る南西諸島である。この陸棚と列島線の間は海がかなり深い。世界の大海流の一つである黒潮は、臺灣の東側を抜けて此の海溝沿いに北東流し、本流は屋久島と奄美大島の間を東へ抜けている。又その1分枝は、29°N, 127°30′E附近から北へ伸び五島の西側を經て對馬海峽を通り對馬海流として日本海に注いでいる。黒潮は又夏には奄美大島の西側で大陸に向けて1分枝を出し、その補流として濟州島の西側から南下する低溫低塩の黄海水との間に鋭い潮境を形成している。列島線の中でも、屋久島と奄美大島の間および久米島周邊は海底地形が複雜で、瀬（曾根）が多く、中層水の湧昇や渦流の發達がみられ、好漁場となつている。特に前者では瀬の數が多く、西南海區で最大の漁場である。此處の島々は合せてトカラ群島と呼ばれているので、この水域を

第1圖　西南海區

トカラ水域と呼ぶ事にする。

〔3〕 列島線のカツオと五島灘のカツオについて

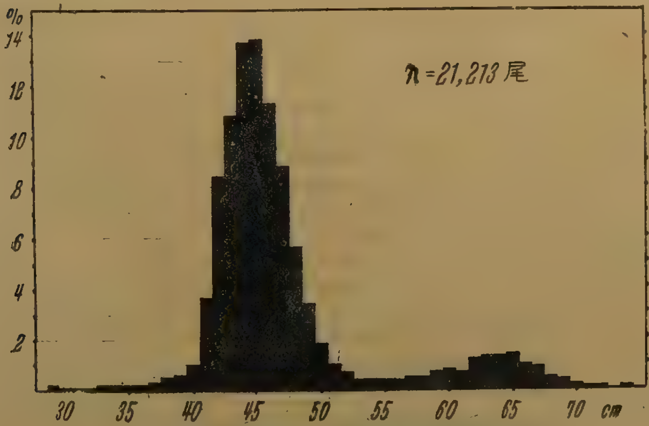
西南海區には、はつきりと生態および体長を異にする二つのカツオのグループが存在する。その一つは、いわゆる"薩南のカツオ"といわれる典型的な瀬付魚のグループで、殆ど周年に亘つて島まわりや瀬の周邊で漁獲される。もう一つのグループは、夏の末から秋の終りにかけて、主として五島灘で漁獲されるもので、主に潮境を移動するグループである。これらを夫々列島グループ及び五島グループと名ずける事にする。この兩者は第2圖に示すように、体長組成に於いても著く異つている。すなわち列島グループは主として 40～50 cm および 60～70 cm の二つの体長群から成るのに對して、五島グループは主として 30～40 cm および 50～60 cm の二つの体長群から成つているのである。以下この体長を規準にして各グループを判別し、各々のグループについて、その移動と成長を考察する。



第2圖　1954年7月中旬～10月下旬の列島グループおよび五島グループの体長組成，黑くぬりつぶしたのが列島グループ實線で圍んだのが五島グループである

〔4〕 年令についての吟味

移動についての考察は少くとも年令群毎に行わねばならない。列島線周邊で漁獲されたカツオの体長分布を1953年について描いてみると、第3圖が得られる。すなわち明かに 44～45 cm と62～65 cm の2ヶ所にモー



第3圖　列島グループの体長組成 1953年

ドが認められる。此の事は相川[4)5)]も指摘しており、小型群を4才（3年魚、滿3年〜4年）、大型群を5才（4年魚）としている。

この2群が一つ違いの年令群に屬する事は、次の理由から確からしい。（1）すなわち索餌期の3年魚の成長は非常に早く、後述するように、五島グループでは早い年には5ヶ月間に13cmも成長し、又東北海區でも、5ヶ月の中に10cmも成長しており、20cm近くの体長差は妥當なものと考えられる。列島グループは、後に述べるように夏に生殖腺が成熟するグループであることから、夏は成長が小さく、4月から10月までにせいぜい7cm位しか伸びないが、冬には早く成長するものと考えられる。（2）此の事は本號の次の報文で説明されているように、伊豆・小笠原海區に於いても、上と同様なところに二つの山がみられ、又本文後述の部分のルソン海峽のものでも、3年魚および4年魚と考えられる二つの体長群の体長差は約20cmである。

從つて相川の査定の様に、これを3年魚および4年魚と呼ぶことにする。五島グループについては、上述のように36cmと52cmにモードがあるが、後者は五島グループが回游性で夏に成熟しないグループである事から、列島グループよりも成長が大きく、これを3年魚として差支えないと思う。從つて36cmのものは2年魚となるわけである。

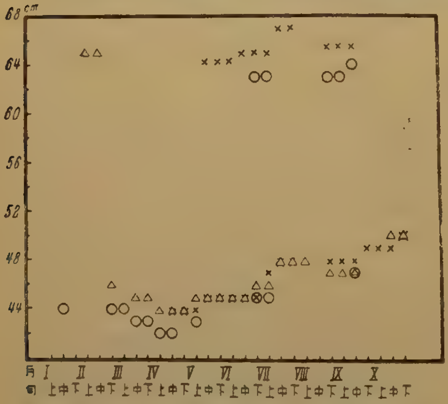
〔5〕列島グループ

(5•1)　各年についての説明

(5•1•1)　1953年（附圖1，第4圖）

(5•1•1•1)　全般的説明

この年には、漁場は1月中旬に先島群島の南側で成立しており、この漁場は3月中旬に最もにぎわうが、それから斷續しながら段々と下り坂になり、9月の中旬で終漁となる（附圖1•3）。此の圖から判るように、4年魚は6月以降に始めて現れるが、3年魚はずつと出現している。トカラと先島群島の中間の水域では、4月中旬から10月下旬まで漁期が續いており、漁況には大きな變動がない（附圖1•2）。年令組成は最初は殆ど3年魚のみであるが、後に4年魚が現れ、10月の下旬になると2年魚がかなり見られる。



第4圖　1953年の列島グループの体長のモード
△　トカラ水域
×　トカラ〜先島群島
○　先島群島南側

トカラ水域では2月上中旬には4年魚のみで、下旬以降は3年魚のみの組成となり、11月中下旬に2年魚がわずかにみられている。トカラでは5月上旬から6月中旬までがもつとも盛期であり、この時期以外は、漁場はおおむね30°N以南であるが

此の時期には 31°N に達する。この3年魚の一部は4月から6月にかけては、種子島の東沖合に擴がつている。之がトカラにいるものの一部であることは、その体長が一致していることから確からしい（附圖1•6）。次に年令群毎に考察してみる。

(5•1•1•2)　4年魚について

最初にトカラに 65 cm にモードを有する群が現れているが、その後はしばらくどこにも現れない。5月中旬になると久米島附近に出現し、9月中旬頃まで續いている。先島群島の南側には、6月下旬から9月中旬まで出ている。久米島附近のものは 64 cm→66 cm、先島南のものは 63 cm→64 cm といくらか成長している。最初にトカラに現れたもののそこまでの經路は不明であるが列島線沿いに北上したものと考えてもよいだろう。この群の魚体があとのものよりも大きいのは、“同じ年令群の中では大きいものが平均として先の方を回游する”という、回游の一般法則の1例と考えてよいであろう。久米島附近と先島群島の南側の群の体長が時間と共に大きくなつているのは、滯泳の狀態に於ける成長と考えたい。興味あるのは、この二つのものの体長の間に定常的に數 cm の差が見られる事であるが、此のような南北の差は、次に述べる3年魚に於いても、又伊豆・小笠原のカツオに於いても見られるところである。之は恐らく年令群内のすみわけ現象であつて、魚類の社會構造における一つの法則であり、上述の回游則と無關係ではない。此の“すみわけ”の意味は、次の項で述べるように、此の二つのものが異るポピュレーションに屬するという事ではなく、一つのポピュレーションの構造なのである。成長は此の期間には非常に小さいが、この理由としては(1) 瀬付性のカツオの產卵期は夏であり（八百[6]）、從つて成長が悪い事と(2)カツオの壽命は大体に於いて5年で、後述するように、4年→5年の成長は小さい事によると考えられる。

(5•1•1•3)　3年魚について

第4圖で見るように、列島線では3年魚が主群であり、漁獲される期間も長く、その移動及び成長についても、最もまとまつた知識が得られる。先ず先島群島の南側に1月中旬に現れ、それが2月の下旬にトカラ水域に達する。此の間40日を經過する。トカラに現れる群が先島の南を通つて來ることはほぼ確實である。すなわち第4圖に示してあるように、魚体の變動傾向は先島群島の南側と北側で一定のズレをもつて一致している。南側では4月中旬まではモードが小さくなつており、大きなものから先に北上していることを示している。トカラでは4月下旬まで小さくなつており、大きなものから先に到着している事が判る。5月以降は滯泳の時期で、はつきりと成長しているのが見られるが、4年魚と同じ理由で遲い。然し、半年間に 6 cm 伸びている事になる。南と北では4年魚の場合と同じく移動の時期も滯泳の時期も体長が傾斜しているが、勿論之は、ポピュレーション内の傾斜である。

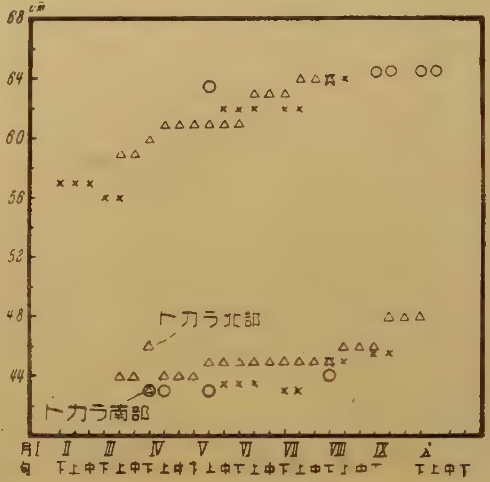
(5•1•1•4)　2年魚について

2年魚は、先島の南でもトカラでも、10月にちよつと現れている。

（5•1•2）　1952年（附圖2，第5圖）

（5•1•2•1）　全般的説明

此の年は1953年とは大分模様が異つている。漁場は先ず魚釣島周邊に1月下旬に出來る。2月上旬までは4年魚のみであるが、その後3月上旬には、48 cmにモードを持つ五島グループと41 cmの3年魚が出ている。3月から5月にかけては先島群島の南側でいくらか獲られ、主に3年魚である。5月に入ると久米島附近に漁場が移る。此の時は3年魚も4年魚もかなり出るし、其の他に、35～38 cmにモードを持つ五島グループの2年魚が出ている。この狀態が9月頃まで續く。7月から10月にかけては、72～75 cmのモードの5年魚もいくらか見られる。9月下旬から10月上旬にかけては2年魚が出ている。トカラでは3月上旬・中旬に4年魚が現れて、下旬以降は3年魚が主群となる。然し'53年と違つて4年魚もずつと出ている。8月以降になると五島グループの2年魚がかなり出てくる。之は8月・9月には40 cm、10月には35 cmのところにモードを持つている。10月・11月には50～60 cmの五島グループの3年魚が現れ、10月以降には列島グループのものは姿を消してしまつている。1953年には五島グループは列島水域には出ておらないが此の點も'52年と異る點である。



第5圖　1952年の列島グループの体長のモード
（記號は第4圖と同樣である）

（5•1•2•2）　4年魚について

前述のように、4年魚は先ず1月下旬に魚釣島周邊に現れ、それが3月上旬にトカラに達し、やがて久米島からトカラに擴がつて成長を續ける。第4圖から判るように、この成長は1月から5月にかけてはかなり早いが、夏になると鈍つてくる。之は上述のように産卵期に對應している。体長の傾斜はあまりはつきりしていない。

（5•1•2•3）　3年魚について

成長の傾向は1953年の場合と大体一致している。ただし此の年には'53年のような、見掛上の負の成長はみられない。南北の魚体傾斜も明瞭である。

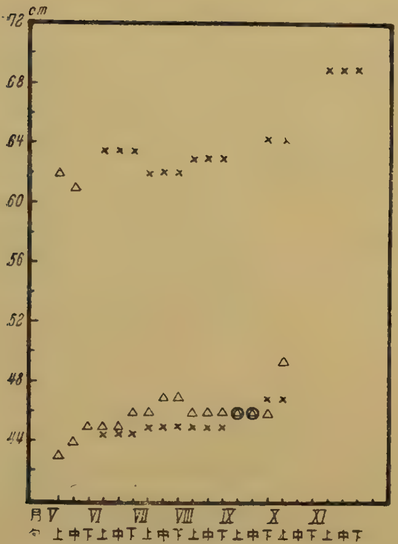
（5•1•2•4）　2年魚について

久米島附近で、9月から10月にかけて31 cmのモードのものがみられている。

（5•1•3）　1951年（附圖3，第6圖參照）

（5•1•3•1）　全般的説明

此の年には5月以降の資料しかないので、それ以前の事は判らない。トカラでは最盛期は5月



第６圖　1951年の列島グループの体長のモード
（記號は第４圖と同樣である）

であり、８月迄は殆ど３年魚であるが、９月から11月にかけては五島グループの３年魚が優勢となり、11月にはそれのみとなる。一方久米島周邊では、６月・７月は兩年令群とも現れているが、８月になると赤尾島の周邊に五島グループが現れ、漁況が好轉する。８月には３年魚が優勢である。９月に入ると宮古島の南側に漁場が出來る。これは３年魚の單一群である。９月下旬から10月上旬にかけて鳥島の周邊に漁場が出來る。此の時は、４年魚と五島グループの３年魚である。11月の鳥島漁場には列島グループの３年魚も見られる。

（5•1•3•2）　４年魚について

その後の２年間と同樣に、トカラでは殆ど現れていない。先島群島と宮古の中間水域ではずつとかなり見られる。第６圖で見るように秋の成長は非常に早いらしい。

（5•1•3•3）　３年魚について

全漁期の全水域に出現している。第６圖で見るように、６月～９月の間は成長が見られない。之は成熟期が遲れたためと思われる。尙、此の年には２年魚は現れていない。

（5•2）　回游について

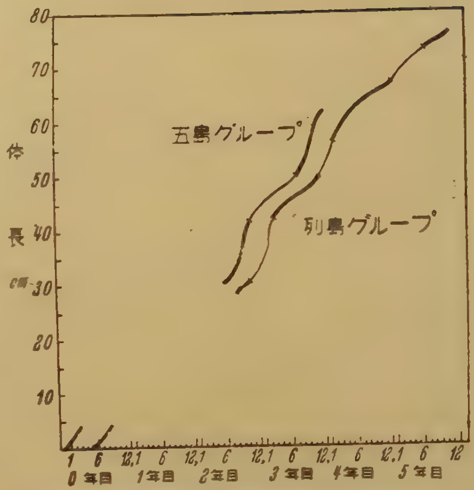
４年魚は先ず魚釣島の近海に１月・２月に現れ之が２月・３月に北上してトカラに達する。之は４月頃から南下し、５月以降は久米島附近と先島群島南側附近とに滯泳して產卵に入り、９月頃產卵を終つて、10月から南退するものと思われる。３年魚は１月に先島の南に出現し２月頃から北上し始め、トカラ水域と久米島近海の二つの水域に到達する。此の移動は４月に終り、上記の２水域には10月頃まで滯泳している。トカラの漁場は主として 29°N と 30°N の間であるが、４月から６月にかけては、30°N 以北の水域や種子島の東沖などに漁場が擴がり、一時的に瀨を離れて活潑な索餌活動を行つている事を示している。又一部は足摺岬の方までも４月・５月に移動する事が1953年の資料から推察出來る（附圖１・６）。７月頃か

第７圖　移動の想定圖　例えば ３（VII～IX）は列島グループの３年魚が７月から９月まで居ることを示し、III(VIII) は五島グループの３年魚が８月に居ることを示す

ら一部は南退し、先島群島の南に滞泳する。3年魚の一部は、6月から8月にかけて大東島へ移動する（附圖1•5, 2•3, 3•3）。年によつては10月に、魚釣島や久米島の近海やトカラに2年魚が出現したり又5年魚が8月から10月に久米島附近で漁獲されたりする。以上の事を模式的に示したのが第7圖である。

(5•3)　成長について

上述の資料を整理して列島グループの平均としての成長曲線を描くと第8圖のようになり、各年において冬季の成長が著しい。このことは上述のように成熟に關係しており、此の事からも、列島グループの北上回游は成熟回游であり、成熟を前提とした索餌回游ではないことが分る。



第8圖　成長曲線（太線の部分は資料のあるところである）

〔6〕 **五島グループ**

(6•1)　各年についての說明

(6•1•1)　1953年（附圖1）

五島グループは此の年には先ず7月中旬に五島灘に現れ、7月下旬には28°15′N, 127°00′Eで漁獲されている。ある漁獲物が五島グループに屬しているかどうかは混獲のないかぎり容易に体長組成から判別し得る。8月上旬からは五島灘で盛漁に入り、10月末まで漁況が續いている。8月までは 3年魚のみであるが、9月からは2年魚が現れ、10月は2年魚のみとなる。一方トカラには10月に3年魚が出現している。五島灘の漁況は男女群島附近から始まり、漸次NEに移動している。

(6•1•2)　1952年（附圖2）

最初に出現が確認されるのは7月中旬29°20′N, 125°20′Eの地點である。7月下旬にはこれがトカラ水域の30°N以北の水域に現れている。之迄は3年魚のみである。8月下旬からは五島灘で漁獲が始まる。これが11月まで續く。10月までは2年魚が多いが、11月には逆になつている。一方10月•11月にはトカラ水域には列島グループは見られず五島グループのみとなる。五島灘との間にはかなりの体長傾斜が見られる。

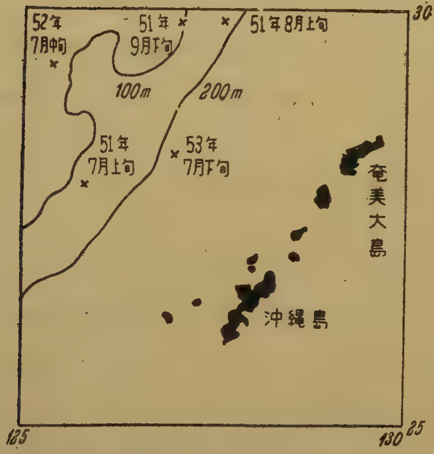
(6•1•3)　1951年（附圖3）

此の年には最初7月上旬に27°52′N, 125°47′Eに出ており又8月上旬には赤尾島の附近で獲れている。次に8月下旬に29°50′N, 127°40′Eのところに出ている。此の五島グループは9月にな

るとトカラにも五島灘にも大量に出現しトカラでは五島グループが漁獲の 8 割を占め此の爲に漁況が好轉している。此の事は漁況豫報にとつてポピュレーションの解析が重要であることを示している。漁獲はトカラに於いても五島灘に於いても斷續しながら 11 月まで續いている。又 9月下旬から 11 月にかけては鳥島周邊にも見られる。五島灘とトカラの間の体長の傾斜は多かれ少かれ判然としている。このグループは 11 月中旬になると五島灘からすべてトカラに移動したように考えられる。この年の全般的な特徴は 2 年魚が少い事と、このグループが列島線にかなり出現している事である。

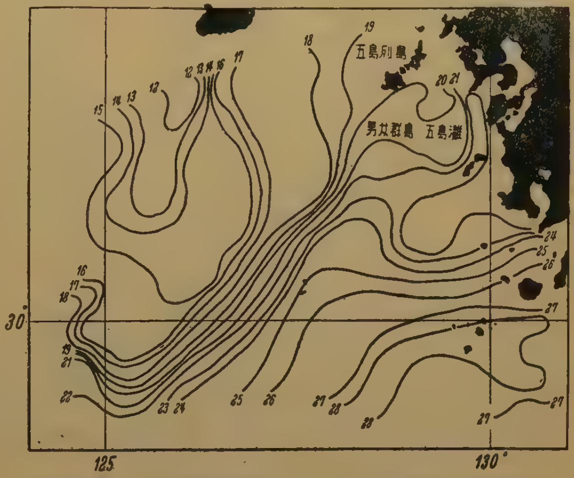
（6•2）　回游について

全般的にいつて、此のグループが出現する水域は次の三つに分けられる。即ち五島灘とトカラ水域と、もう一つは列島線からかなり西に離れた水域で獲られるものとである。その他に 1951 年のように、赤尾島附近や鳥島附近で獲れる事もある。我々の資料では、最も早く出現したのは 1951 年の 7 月上旬である。此の時は27°52′N, 125°47′Eで列島線からかなり離れた水域で獲られたものである。此の水域からは毎年同時期にすなわち 7 月から 8月にかけて資料が得られており、それが五島灘およびトカラでの出現に先行している。此の水域での漁獲物は時期が早い爲に3 年魚の單一年令群である。その漁獲位置を示すと第 9 圖が得られる。



第 9 圖　潮境水域に於ける五島グループの漁獲位置

即ち此の圖から判るように、五島グループは五島灘に回游する前に、大陸棚の緣邊の主として 100 m と 200 m の等深線の間に現れ、特に28°30′N, 127° 00′E から、29°30′N, 125°30′E へ入り込んでいる海谷の周邊でとられている。第 10 圖にこの水域の 1952 年夏の 50 m 層の等溫線を示してある。此の圖から判るように此の海谷部の周邊は、大陸へ向つて張り出す黑潮系の高塩な暖水と其の補流としての濟州島の西側から南下する黃海系の低塩な冷水との潮境にな



第 10 圖　1952 年 7 月 22 日～8 月 6 日の 50 m 層等溫線（長崎海洋氣象臺海洋速報による）

つている[1]。列島グループは200m等深線より列島よりのところで獲られるから、200m等深線を境界にしてすみわけている事になる。

此の潮境には五島灘に漁場が出來た後にも、カツオが滯泳しているらしい。此の事は、1951年9月下旬にここで五島グループが漁獲されていることから推測される。此の潮境を泳いでいるカツオの主群は早い年には8月の始め（1953年）に、遲くも9月の始め（1951年）には五島灘に到達する。1952年には、五島灘に出現する1月前の7月下旬に、トカラ水域の北部（30°N以北）に現れている。之は恐らく五島グループの一部が一時的に立ち寄つたものだろう。五島灘での漁獲は10月下旬乃至11月中旬まで續いている。

五島グループの一部は、1951年には9月から11月にかけて、1952年には10月・11月にトカラ水域で漁獲されている。此の時には列島グループは殆ど若しくは全く漁獲されず、五島グループの population pressure のために南下するものと考えられる。この群が五島灘から南下したものか、潮境水域から直接に來游したものかは、どちらとも判らない。五島灘とトカラの間では体長がかなり傾斜しており、1952年の11月などは甚しい。

1951年には五島グループが南部水域にも現れている（附圖3•2）。之は潮境水域に滯泳しているものが、海況の變化によつて一時的に列島線に近接したものであろう。

以上をまとめると、五島グループの回游は次のようになる。(1) 3年魚。五島グループの起源は何とも判らないが、7月頃には黒潮と沿岸水の潮境域、即ち100mと200mの等深線の間の水域に滯泳しており、年によつてはこの時期にトカラの北部に行くことがある。8月乃至9月になると北進して男女群島附近に達し、時期が進むに從つて段々と五島灘の内側に漁場が移動する。五島灘のカツオ漁業に經驗の深い福江島富江の西本正吉氏の話によると、その後高麗曾根（33°07′N, 128°42′E）に漁場が移り、更にそれから數十マイル朝鮮寄りの處で獲れた事もあるという。

五島グループの一部は、9月から11月にかけてトカラ水域に現れる。これは1952年の10月・11月，1951年の11月（附圖2•1, 1•1）のように、全く列島グループと入替る事もある。此の群の中には、五島灘へ行き或いはまた五島灘から來たものも含まれていると考えてよいだろう。

先に述べたように、五島グループの一部は夏から秋にかけて黒潮と大陸沿岸水との潮境に滯泳しており、これが1951年の場合のように列島線に近ずいて、赤尾島や鳥島に現れる事もある。主群のコースとしては、7月に潮境漁場で、8月から10月までは五島灘に、11月頃からトカラ水域を通つて南下すると考えてよいだろう。

(2) 2年魚については、之が非常に多い年と少い年がある。附圖をみれば判るように、2年魚は漁獲期間が短いし、又五島灘およびトカラ以外の資料が無いので、あまり色々推定する事が出來ないが、回游經路は3年魚とそう大きな違いは無いだろう。

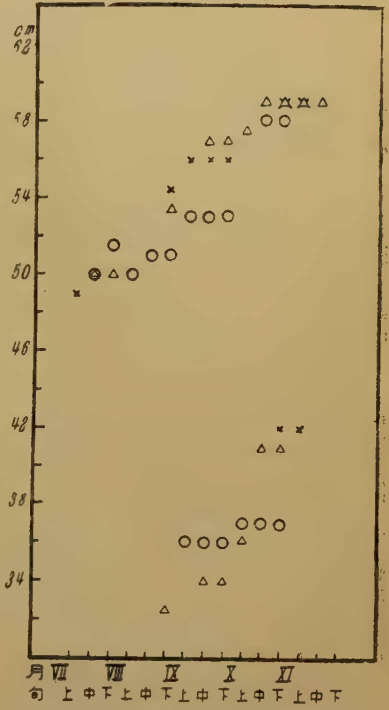
---

1) 辻田時美氏によれば、此の潮境の形成には海谷が關係しており、かなり地形性のものであるらしい。此の潮境はまたサバの漁場でもある。この100mと200mの等深線に挾まれる水域、特に此の海谷部はカツオの好漁場になる可能性があり、精密な調査が望まれる。

次に、回游および漁場成立の機構について考えてみる。五島グループが男女群島周邊に出現するのは8月乃至9月の始めであるが、此の時期は對馬暖流が最も強盛な時期に對應する。第10圖を見れば判るように、黒潮と大陸沿岸水との潮境は、男女群島へ向つて走つている。從つて潮境に滯泳していた魚群が、暖流勢力の伸長と共に、男女群島附近に達したものと考えられる。一部は黒潮本流の北側に當る 30°N 以北のトカラ水域に行くのである。辻田[7]によれば、五島の東南に入り込む海谷沿いに、對馬暖流の分派が五島灘にさし込み、時計廻りの環流を形成している。この環流が海谷部に沿つて中層水塊の湧昇をひき起し、之が東南卓越風に助長されて表層水と湧昇水の混合が起る。從つて此の水域はプランクトンが豊富であり、イワシの好漁場が形成される。此處に到達したカツオ群が滯泳するのはむしろ當然と思われる。此の魚群も水温の低下と共に南下する。

(6•3)　成長について（第11圖）

第11圖は、五島グループでは漁期中の成長が非常に早く、3年魚では7月から11月までの5ヶ月間に13cmも伸び、2年魚では8月から10月までの3ヶ月間に10cmも伸びており、列島グループとは反對に、此の時期が成長期である事を示している。此の事は此の時期の五島グループは生殖巣重量が小さく、生熟期乃至産卵期ではないという事實に對應している。



第11圖　五島グループの代表的な体長のモード

〔6〕 列島グループと五島グループとの關係を中心にしての考察

之迄は列島グループと五島グループとを別箇に取扱つて來たが、此處では此の兩者の關係について考察してみたい。筆者は此の二つのグループは、少くとも西南海區においては、互いに相對的に獨立に行動していると考えたいのである。他に有力な考え方としては、3年魚については五島グループはもともと列島グループの一部であり、たまたま列島線から生產力の大きな潮境水域に回游したものが、成長が非常に大きくなり、また生態的にも大きく變化したという考え方である。すなわち7月に於いては、既に此の二つのグループは分離しているのであるから、その前の時期に分離したと考えるわけである。しかし生物が一時的な環境の變化によつて成熟のリズムまで變えられてしまうほど plastic とは考えにくい。

此の二つのグループが西南海區では少くとも獨立なものであると考えれば、次には、それでは此の二つのグループは一体どこから來たかという事が問題になる。此の事については殆ど何も分

らないのであるが、幸いにルソン海峡の体長の資料が1952年と1953年に得られているので、之について考えてみる（附圖1•3,2•4)。圖をみれば判るように、冬から春先（1月～4月）にかけては50 cm と70 cm を中心とする1年違いの二つの体長群から構成されており、モードには變動が少く、若しこれが滯泳しているものならば、成長があまりよくないといえる。冬に成長が悪いという事と、モードが50 cm であるという事を考え合わすと、若し之が五島グループと列島グループの二つのものの一つであるならば、より五島グループ的であると云える。

從つて先ず之を五島グループの産卵期のものと考えよう。そうすると次のようになる。すなわち、西南海區のカツオには列島グループと五島グループの二つのグループがあつて、前者は夏に列島線で成熟し成長も悪いが、後者は黒潮と沿岸水の潮境から五島灘にかけて回游し、未熟で成長がよい。この五島グループは1月から4月にかけてはルソン海峡の島礁域に生活し（その他ヒリッピン海區に瀬付として廣く居るのであろう）、此の時期に成熟し成長も悪い。一方列島グループは秋から冬にかけてはヒリッピン海區以外のおそらくは外洋で索餌生活をし、未熟で成長もよい。すなわち此の二つのグループは、此のように生活史の全部にわたつて丁度裏返しになつており、グループ間のすみわけが成立しているのではないだろうか。

更に想像すれば次のようになる。カツオはもともと熱帶性の魚であつて、その主棲息圏は25°N以南の水域であり、從つて主産卵場もそこにあるわけで、夏には索餌のため、東北海區などでは40°N線をはるかに越えて北上する。從つて主産卵期は當然冬から春であるに相違ない。ところが~~主として~~中緯度水域に棲息する暖水性の色々な魚類の産卵期は主として春であり、夏に産卵するものは少い。從つて夏季には勿論海の生産力はそう大きくはないが、稚幼魚にとつては空間が空いているわけである。筆者は此のところに、低緯度水域の魚種にとつて、新しい生態型の生ずる余地があると考える。此の生態型のものがカツオの全資源の中で占める量的な割合が、小さなものであることはいうまでもない。

更に面白いのは、西南水域と伊豆諸島から東北海區へかけての水域との對比である。すなわち西南水域に於いては、瀬付性の列島グループと回游性の五島グループとが一つの組をなしているのに對して、伊豆～東北水域では、伊豆諸島の瀬付のグループと、東北へ進む回游性のグループとが組をなしており、各々對應するグループは生態的にもよく似ているのである。

こういう點からしても、春先の列島グループが東北海區へ向うグループであると考える可能性は小さくなつてくる。一部のものの間には交流があるかも知れないが、全般的にはブリと同様に潮岬を境にしてよく隔離されているのではないかと想像される。

終りにのぞみ、御指導をいただいた本所長木村博士、資料の蒐集にあたられた小達技官及び安樂•齋藤の兩氏に心から御禮申上げる。

要　　約

（1）西南海區のカツオの体長組成（1951年から'53年までの3ヶ年）から移動と成長を考察

した。

（2） 西南海區には、魚体の大いさからはつきりと區別される二つのグループが存在する。その一つは春から秋にかけて主として列島線に滯泳する瀬付性のカツオであつて4年魚と3年魚から成り、他の一つは夏から秋にかけて黑潮と大陸沿岸水との潮境から五島灘にかけて回游する回游性のカツオであつて3年魚と2年魚から成る。前者を列島グループ、後者を五島グループと名ずける。

（3） 列島グループの移動を年令群毎に述べると

1. 4年魚は1•2月に魚釣島近海に現れ、2•3月にトカラに達する。4月頃から南下して5月以降は久米島附近と先島群島南側附近とに滯泳して產卵し、9月頃產卵を終つて10月から南退する。

2. 3年魚は1月に先島群島の南に出現し、2月頃から北上して久米島周邊とトカラ水域に達する。それから10月迄全域にわたつて滯泳する。

（4） 列島グループは夏に成熟するグループであり、このために夏の成長はよくない。

（5） 五島グループの移動を年令毎に述べると

1. 3年魚は7月頃黑潮と大陸沿岸水との潮境域に現れ、8•9月に五島灘に達する。10月頃から南退して11月にはトカラ水域に現れ、12月に南下する。

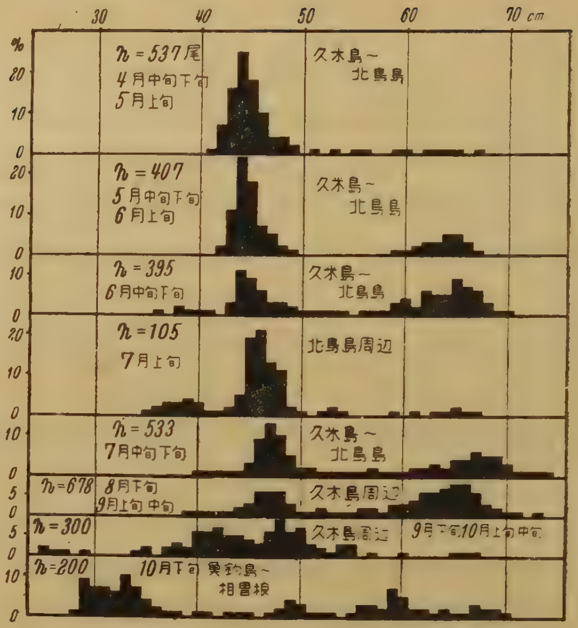
2. 2年魚については出現期間が短いのでよく分らないが、3年魚の場合と大差ないものと考えてよいだろう。

（6） 五島グループは冬に成熟するグループであり、從つて索餌回游であり成長は非常によい。

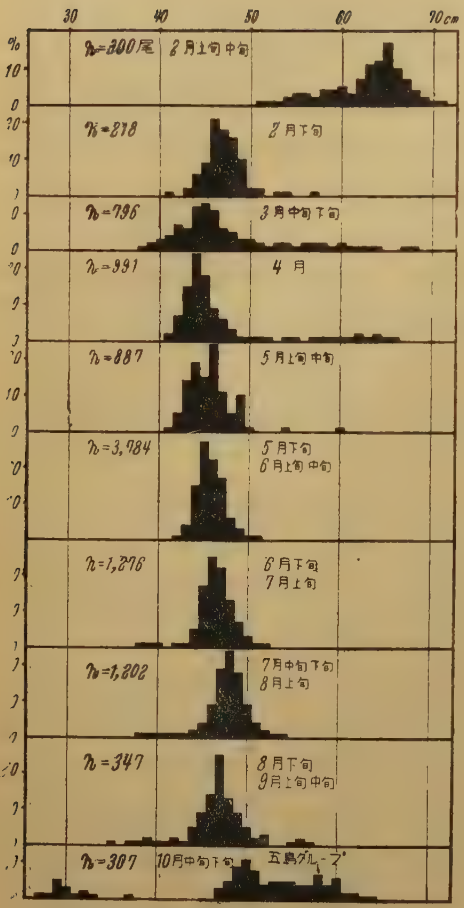
（7） 冬のルソン海峽の体長組成は五島グループとつながる。五島グループは冬には瀬付性でこの水域で產卵し、列島グループは冬には回游性ではなかろうかと想像される。

参　考　文　献

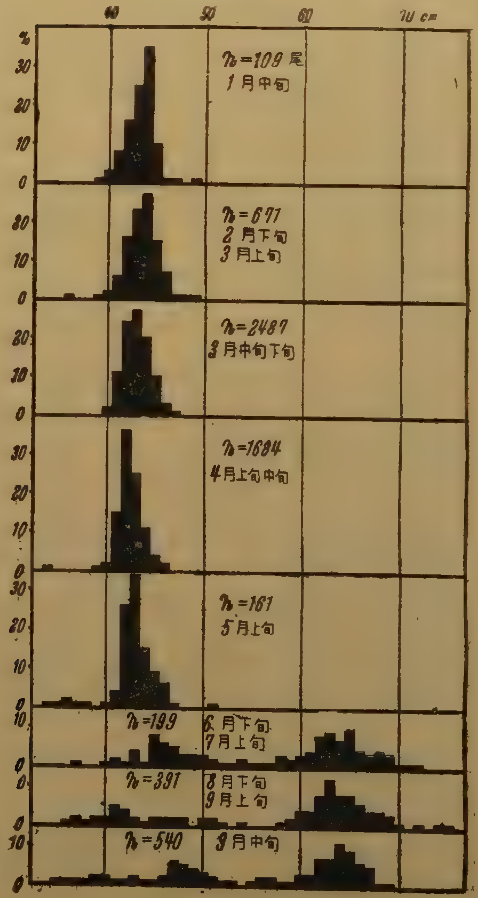
1) 宇田　道隆、筑紫　次郎 (1934)：日本水產學會誌，3,4
2) 岡本五郎三 (1940)：　同　誌，9,3
3) 田内森三郎 (1943)：　同　誌，11,5/6
4) 相川　廣秋 (1936)：　同　誌，6,1
5) 相川　廣秋 (1949)：水產資源學總論（東京）
6) 八百　正和　　未發表
7) 辻田　時美 (1954)：西海區水產研究所研究報告，1



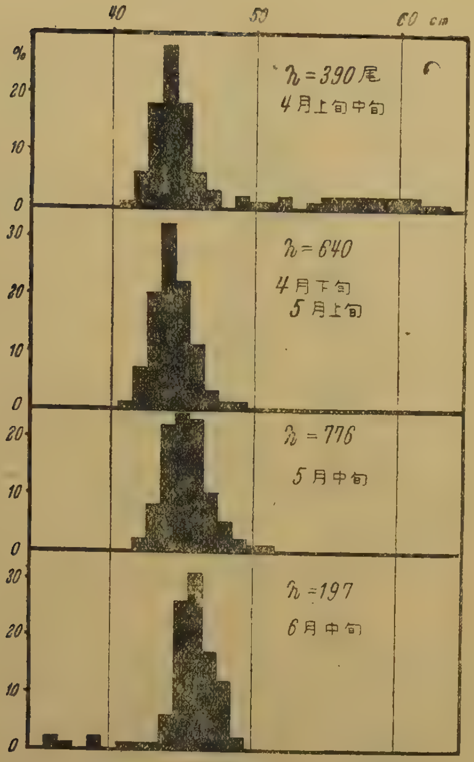
附圖 1·2　列島グループ　1953年
トカラ～先島群島



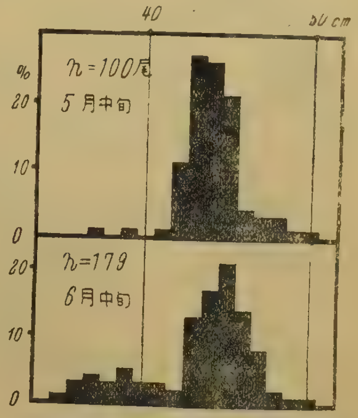
附圖 1·1　列島グループ　1953年
トカラ水域



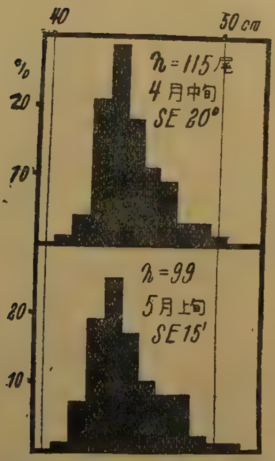
附圖 1·3
列島グループ
1953年
先島群島南側



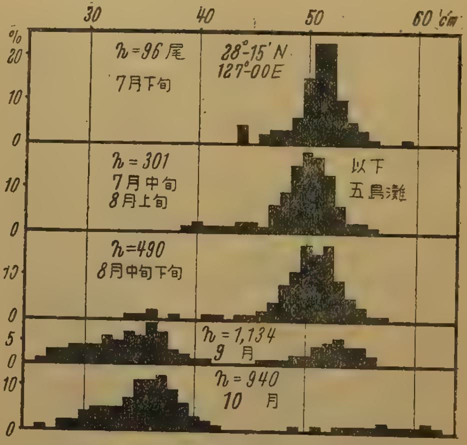
附圖 1·4　列島グループ 1953年
種子島東沖



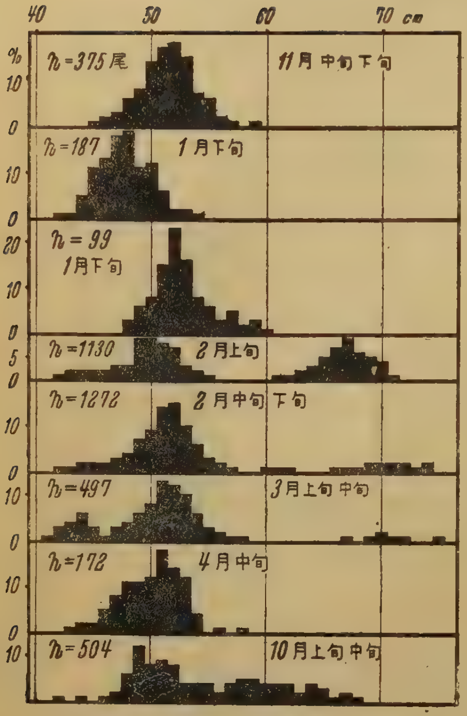
附圖 1·5　列島グループ　1953年
大東島周邊



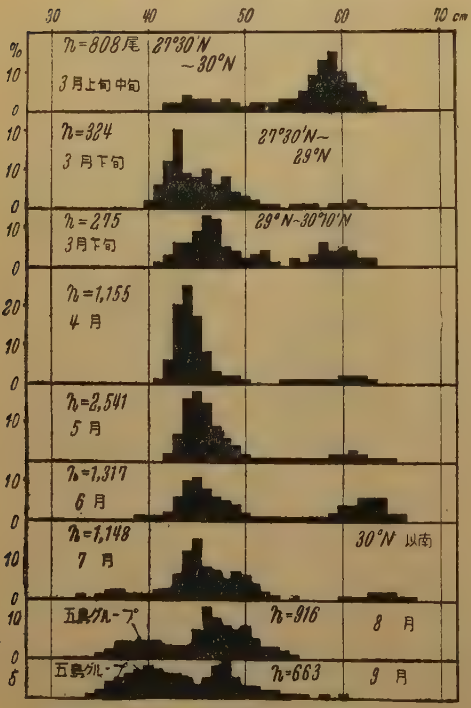
附圖 1·6　列島グループ 1953年
足摺岬沖



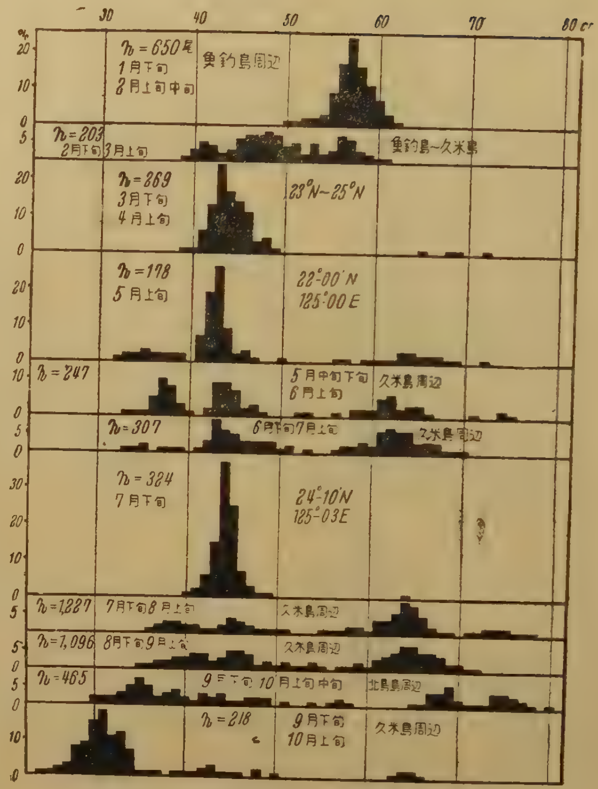
附圖 1·7　五島グループ　1953年



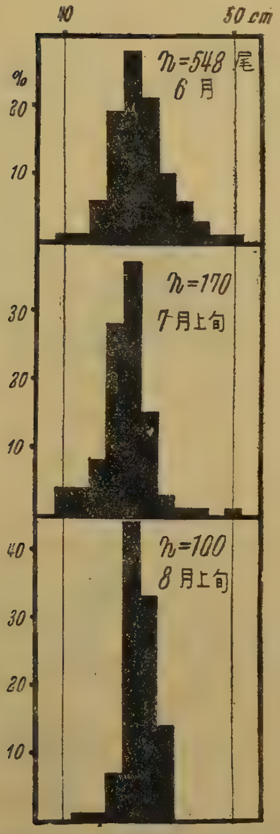
附圖 1·8　ルソン海峡　1953年



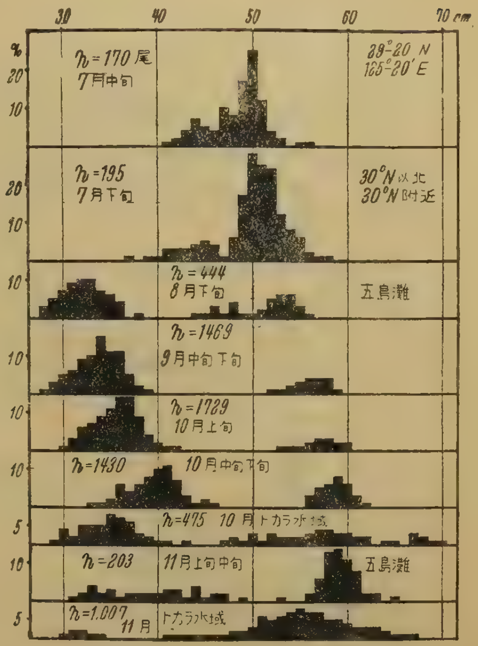
附圖 2·1　列島グループ　1952年
トカラ水域



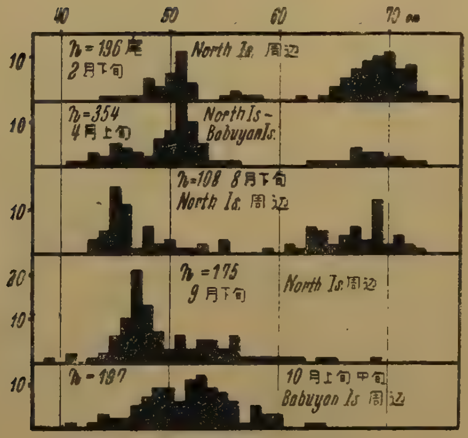
附圖 2·2　列島グループ　1952年　南部水域



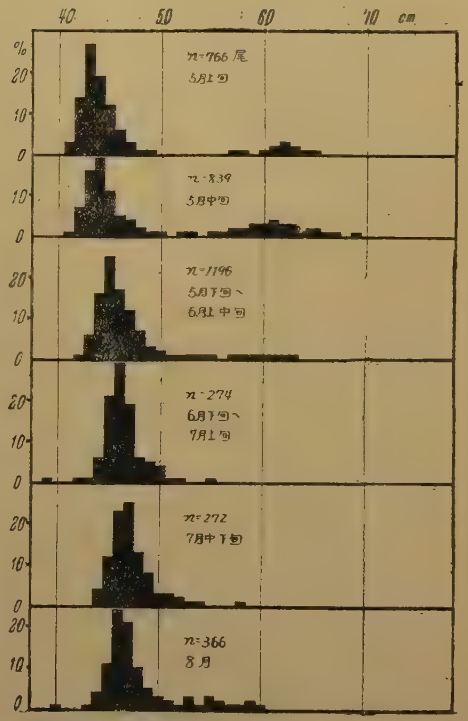
附圖 2·3 列島グループ 1952年
大東島周邊



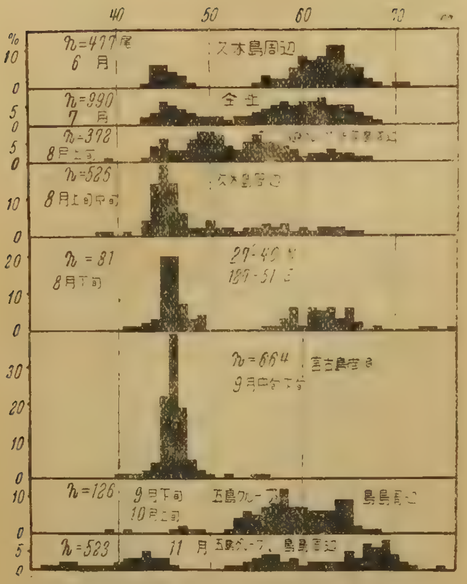
附圖 2·4　五島グループ　1952年



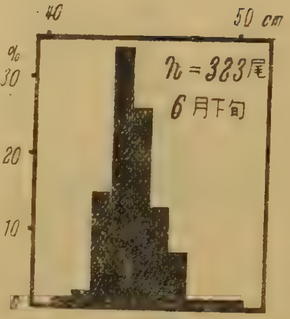
附圖 2·5　ルソン海峽　1952年



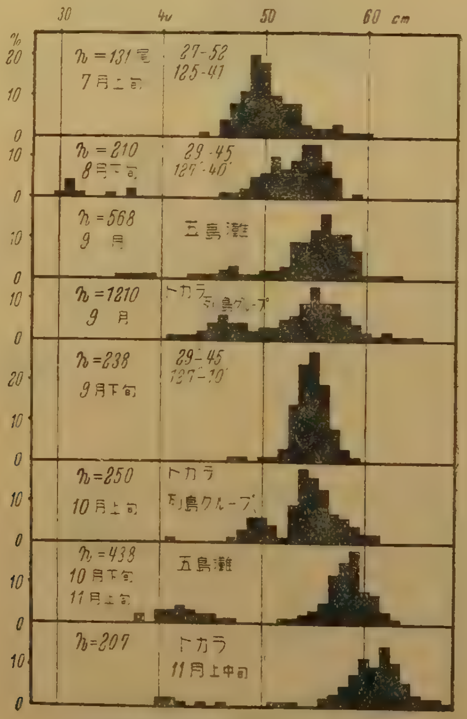
附圖 3·1　列島グループ　1951年　トカラ水域



附圖 3・2 列島グループ 1951年 南部水域



附圖 3・3 列島グループ
1951年 沖大東島



附圖 3・4 五島グループ 1951年

伊豆，小笠原および東北海區に於けるカツオの移動および成長について※

川　崎　　　健

ON THE MIGRATION AND THE GROWTH OF THE SKIPJACK, *KATSUWONUS PELAMIS* (LINNAEUS), IN THE IZU AND BONIN SEA AREAS AND THE NORTH-EASTERN SEA AREA ALONG THE PACIFIC COAST OF JAPAN.

By

Tsuyoshi KAWASAKI

TRANSLATION IN REPRINT FILE

Summary

(1) Judging from the body length compositions for the three years, 1951 to 1953, the migration and the growth of the skipjack in the Izu and Bonin Sea Areas and the North-Eastern Sea Area along the Pacific coast of Japan were estimated.

(2) There are two groups of skipjack in the above mentioned regions which are different in body size and habits. This phenomenon is the same as in the case of the South-Western Region. The one is the sedentary group which migrates up and down along the Izu-Bonin Chain and is composed of chiefly IV-Group and III-Group and the other is the migratory group which migrates to the North-Eastern Sea Area from summer to fall and consists mainly of III-Group and II-Group. The former is the Chain Group and the latter is the North-Eastern Group.

(3) The pattern of migration of the Chain Group is as follows:

1. IV-Group migrates to the Izu Area from April to May, then goes southward to the south of the Bonin Chain and stays and spawns there from July to October. The period from November to May is conceivably the feeding period and the skipjack of this group swims in the southern open sea without wandering around the reefs and islands.

2. III-Group stays in the Izu Area from April to October. In May and June some of the fish of this group migrate up to Cape Shionomisaki, thus leaving the reefs. In the Bonin Area they stay presumably throughout the year. In winter, however, it is supposed that most fish migrate for food without staying around the reefs.

(4) The fish of the Chain Group mature in summer and their growth in summer is not rapid.

(5) As the writer pointed out formerly, the North-Eastern Group includes two

※ 東北海區水產研究所業績　第45號

groups, one is the Coastal Group and the other is the Offshore Group. The latter is small-bodied and composed of one unit population of III-Group.

(6) The pattern of migration of the Coasfal Group is as follows:

1. III-Group migrates northward along the eastern side of the Izu-Bonin Chain with large breadth. They reach the North-Eastern Area in May and Juue and stay there to October.

2. II-Group appears in the North-Eastern Area in ;August taking perhaps the same course as III-Group and stays until October. During southward migration this age group passes the Izu Area together with III-Group.

(7) The North-Eastern Group is the winter-maturing group. The migration in the North-Eastern Area is the feeding migration and the growth in summer is rapid.

(8) The existence of the two groups, coastal and offshore, in the North-Eastern Area was confirmed by examining the cline of body length from west to east in the 2nd and 3rd decade of August, 1951.

(9) In the waters adjacent to Japan there are two sets of skipjack groups. These two sets are separated by the border line south of Cape Shionomisaki and each set is composed of two groups, one is sedentary and the other migratory. Perhaps there is partial intermingling between the chain groups of two sets but presumably it is not necessary to consider the inter-exchange between Gotō Group and North-Eastern Group at least in the Northern Pacific.

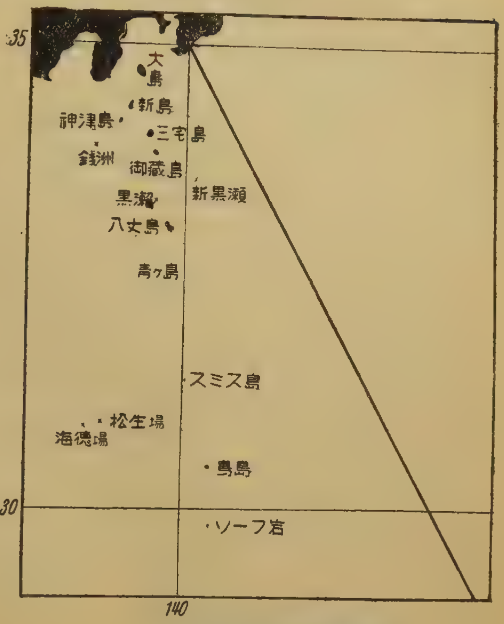
1. まえがき

東北海區に來游するカツオの生殖巢は成熟していない（八百[2]）。一方伊豆諸島周邊では春から秋にかけて、小笠原諸島には周年瀬付のカツオが見られており、生殖巢は夏に成熟する（八百[2]）。筆者は本稿で、この生態的に全く異るカツオ群の組成を吟味し、且つ兩者の關係を檢討する。ここでは便宜上、前者を東北グループ、後者を列島グループと呼んでおく。後述のように、東北グループと列島グループとでは成長の模様が異り、從つて体長にはつきりとした差が生じており、体長組成から兩グループを、かなり容易に識別することが出來る。次にこれらの海區の地形および海洋條件を略述する。

2. 伊豆，小笠原および東北海區の地形および海洋條件

九州の南を通つて東流する黑潮は、通常御藏島と八丈島の間を抜けて東北海區へ向う。年によつては、紀伊半島の南又は遠州灘に張り出す冷水塊にさまたげられて、流路が大きく南に移り、このために本流が八丈島の南を通ることがある。黑潮はこのように、相模灣の南で富士火山脈を切るので、從つてこの水域では中層水の湧昇が起り、東京灣系の榮養分に富んだ沿岸水の作用もあつて、この黑潮の北側の混合水域は生産力が大きく、カツオばかりでなくアジ，サバ等の大き

第1圖　海區の圖示



第2圖　伊豆諸島海區

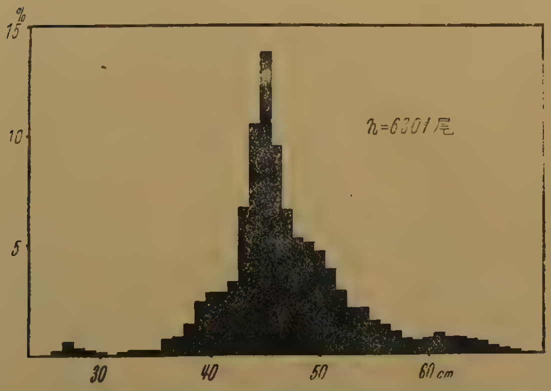
な漁場となつている。

紀南や遠州灘に冷水塊の發達が著しい場合には、この冷水塊と黒潮との潮境や島まわりにも漁場が發達する。東北海區に北上した黒潮は親潮との間に複雑な海況を作り出し、周知のように三陸の大漁場が發達してゐる。

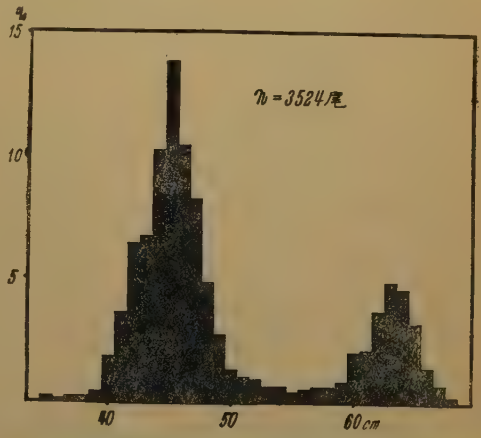
3.　列島グループ

（3•1）　年令についての吟味(第3圖および第4圖)

圖に明瞭であるように、伊豆諸島海區に於いても小笠原諸島海區に於いても、体長のモードは 45 cm と 63 cm 附近に見られ、之は西南海區の場合に一致している（川崎[1]）。これをそれぞれ3年魚及び4年魚と呼ぶことにする。又此の圖から、伊豆海區で漁獲されるカツオはほとんど3年魚であるが、小笠原海區では4年魚がかなり獲れることが判る。



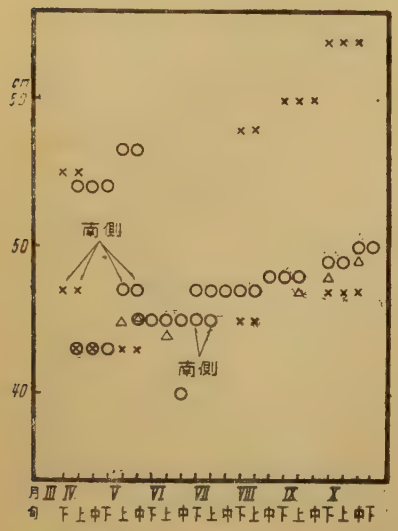
第3圖　1952年の伊豆諸島海區に於ける体長組成



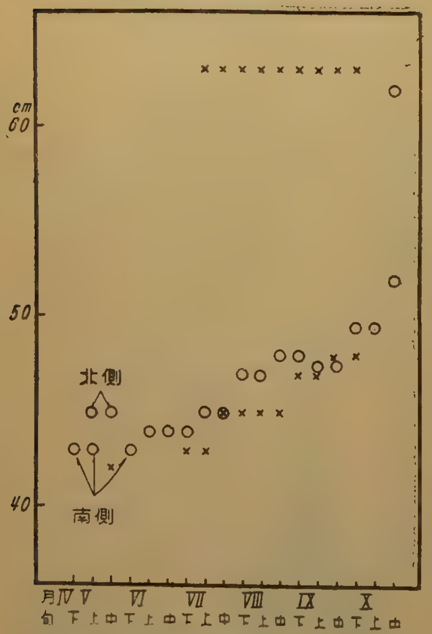
第4圖　1952年の小笠原諸島海區に於ける体長組成

(3•2)　各年についての説明

(3•2•1)　1953年（附圖1，第5圖）



第5圖　1953年の列島グループの体長のモード
○…伊豆諸島海區　△…海德場周邊
×…小笠原諸島周邊



第6圖　1952年の列島グループの体長のモード
○…伊豆諸島海區　×…小笠原諸島海區

最初に3月下旬から4月上旬にかけて小笠原海區の28°Nより南の水域に、47cmのモードを持つものと、55cmにモードを持つ4年魚とが現れている。この前者はその後5月上中旬に、33°40′N以南の伊豆海區に出現している。このグループのものは、年令についても他の時期のものとの結びつきについても説明がつかない。4年魚の方は4月下旬から5月中旬にかけて伊豆海區に達しており、その後南下して7月から10月にかけては小笠原海區に滞泳している。このように、4年魚の回游の模樣は西南海區の場合と非常によく似ている。此の4年魚の6月中の行動については、資料が無いために判らない。

3年魚は4月から10月迄、伊豆海區及び小笠原海區の全域にわたつて出現している。伊豆海區は11月以降は東北グループによつて占められているので、列島グループのものは南下しているものと考えられる。第5圖に示してあるように、3年魚の成長については、西南海區の場合と同じく、南北の体長傾斜の存在が顯著である。成長の傾向もよく似ている。

(3•2•2)　1952年（附圖2，第6圖）

この年には4月中旬以前の資料が無いので初期の事は判らないが、4年魚は7月以降9月にかけて小笠原海區に滞泳しており、この點は'53年の場合と同様である。しかし10月中旬には伊豆諸島にも現れている。列島グループの4年魚は夏に産卵すると推定される(八百[2])から、いずれにしても産卵は小笠原諸島以南で行われていると考えられる。体長のモードの移り變りは'53年の場合と餘程異つている。

3年魚に關しても、'53年の場合と同じく全域にわたつて10月迄得られている。

(3•2•3)　1951年（附圖3，第7圖）

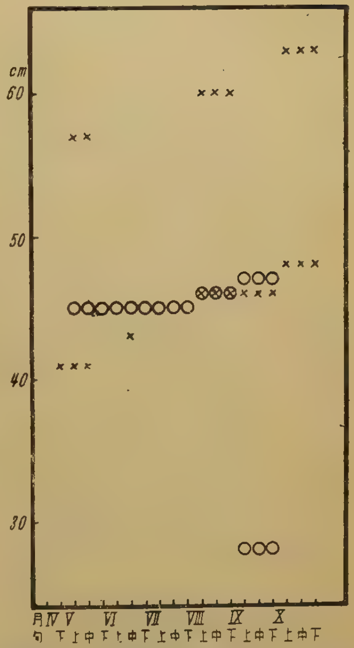
大勢は上述の2年と同じである。ただこの年には、

9月に2年魚が伊豆諸島に出現している。

（3•3）　移動及び成長について

此のグループは西南海區の列島グループに對應するもので、その移動及び成長の狀況は非常によく似ている。すなわち4年魚は4月から5月にかけて伊豆諸島を訪れ、次に南下して7月から10月にかけては小笠原諸島以南に滯泳して產卵する。3年魚は伊豆海區には4月から10月迄居り、小笠原海區には恐らく周年滯泳しているものであろう。2年魚はそれより更に南に周年居るものと思われるが、年によつては9月に伊豆海區に出現する。

此のグループは西南海區の列島グループと同様に夏に成熟するもので、從つて夏の成長は遲い。



第7圖　1951年の列島グループの体長のモード
○…伊豆諸島海區
×…小笠原諸島海區

4.　東北グループ

川崎[3]はかつて東北海區には近海と沖合に体長を異にする二つのカツオのグループが存在する事を確め、更に二つのグループの間では肥滿度や餌付の狀態にも違いのあることを示した。

（4•1）　近海グループ

東北海區のカツオは大部分が45 cmから55 cmの中型魚で、之は3年魚である。この事は3年魚が特に回游反應を持つている事を示している。西南海區に於いてもそこに現われるカツオの主群は3年魚であり（川崎[1]）、又前述のように伊豆・小笠原に於いてもそうである。此の事は八百[2]が示したように、カツオが產卵を行うのは4年魚になつてから後であるらしいことを考え合わせると興味が深い。

（4•1•1）　移動について（附圖參照）

東北海區に北上して來るカツオが何處を通つて來るかということについての現在迄の說は、何れも薩南系と伊豆・小笠原系の二つに固執して、どちらが量的に多いとか片方は無視出來るとかしたもので、その根據はいずれも充分ではない（宇田・筑紫[4]，岡本[5]，田内[6]，相川[7]、この點については川崎[3]を參照してもらいたい）。特に下りカツオについては何等の發表も無かつた現狀である。水域毎のカツオのグループの間の關係及び各々のグループの移動經路を知ることは、漁況の豫報の上から言つても重要である。筆者は体長組成を解析することによつて、此の問題に關して一つの推定を行つた。

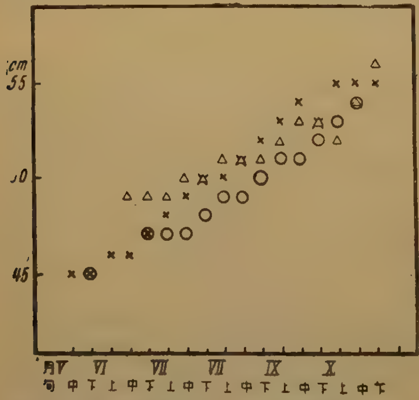
近海グループは二つの年令群即ち主群としての3年群と幾分偶然的な要素としての2年群とか

ら成つて居り、此の點五島グループと同樣である。

（1）3 年 魚

先ず何處から來るかという問題について考えてみる。此の手がかりは東北海區でのその年の最初の体長組成を、伊豆海區の對應する組成と較べてみることである。1953 年と '51 年については、何れも 5 月のモードは 45 cm で同一である。然し 1952年の資料は面白い示唆を與えてくれる。附圖 2 をみれば判るように、此の年には東北海區で 6 月中旬に始めて資料が得られて居り、そのモードは 49~50 cm で、前後の 2 年に較べて大きい。之は年變動によるものだろう。ところがそれに對應する 6 月の伊豆海區では、モードは 44 cm であり大きな差を示している。又此の年には 4 月中旬から 5 月下旬にかけて遠州灘に冷水塊が發達し、それと黑潮との潮境にかなりの漁場が發達しており、若し此の漁場のカツオが西又は南からやつて來て、伊豆諸島海區を通過して北上するものとすれば、そのモードに對應が見られなければならないが、遠州灘でのモードは 45 cm で伊豆海區の北部のものと一致し（附圖 2）、東北海區のものとの間には對應がみられ無い。恐らく此の遠州灘南側のカツオは列島グループのもので、西南海區のトカラ水域の此の時期のものと同じく、一時的に瀬を離れて小規模な回游をしているものだろう。以上の點から筆者は、東北海區のカツオは列島線の東側をかなり巾廣く北上するものと考えたい。こう考えれば此の點に於いても、西南海區のカツオと對應するのであつて、五島グループが南西諸島を東に抜けないのと同樣に、東北グループも伊豆・小笠原の列島線を突つ切らないのであろう。しかし1951 年および1953 年の体長の一致については、それと全く逆の説明の出來る可能性のあることも指摘して置きたい。

ところが一方下りカツオは、少くともその一部は明らかに伊豆諸島に立ち寄るものと考えられる。附圖に示してあるように、東北海區のカツオ漁は 10 月一杯で終了するが、それにまさに對應するものが 11 月以降に伊豆諸島に出現する（'52 年，'53 年）。尚此の時期には、列島グループのものは南下して全く姿を見せない。此の現象も、五島グループが下りにトカラ水域に立ち寄るのと同一である。東北グループは歸路には列島線に立ち寄るが、それを越える事は無いのであろう。



第8圖　東北近海グループの体長のモード
○……1953年△……1952年×……1951年

東北グループの一部は 8 月頃南下することもあるらしい。此の事は 1952 年の 8 月伊豆諸島に、東北グループと思われるものが出現している（附圖2•4）事から推測される。

（2）2 年 魚

2 年魚が北上するのはごく一時的で、主として 8 月中旬からせいぜい 10 月中旬迄である。北上經路は3年魚と同一なのだろう。南下の際には 3 年魚と一緒に伊豆諸島に現れている。又 1951 年の 10 月のように、小笠原に立ち寄ることもあるらしい。

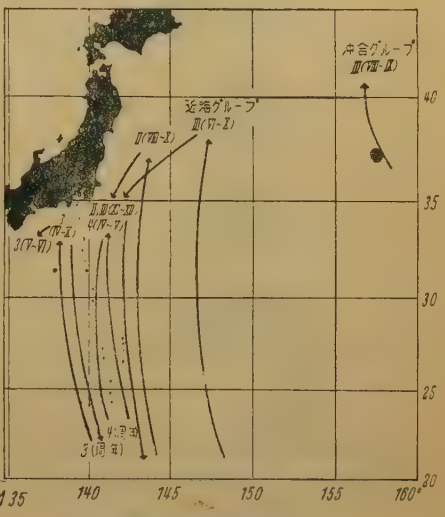
（4•1•2）成長について（附圖，第 8 圖）

(1)　3 年 魚

圖で見るように、3年魚の魚体の大いさの移り變りは滑かで無理が無い。成長量は年によつて異つているが、大体のところは6月から10月迄の5ヶ月間に10 cmを示しており、筆者[1]が西南海區について行つた推論と矛盾しない妥當な値を示している。此の事は次の二つの事を示している。すなわち (1) 3年魚は本能としての回游反應を持つていること、(2) モードをつないで得られる曲線を、3年魚の代表的な成長曲線と考えても大過ないこと、である。

(2)　2 年 魚

2年魚はある時期すなわち8月中旬頃から10月中旬頃迄出現している。然しながら東北海區の2年魚は、五島グループのもの(川崎[1])と異つて、モードの變動が極端であり (例えば附圖2•4の9月上旬→下旬)、またある場合には3年魚と10 cmの差しか示さず(附圖3•3の10月下旬)、とても2年魚を代表しているとは考えられない。此の事は次のように説明出來る。すなわち2年魚のまとまつた北上は3年魚よりずつと遲く、黒潮勢力の最も強まる8月後半以降である。8月中のモードは3年魚のそれと大体20 cmの差を示しており2年魚をよく代表していると考えられるが、9月になると急速に躍進して差が縮まり、甚しい場合には漁期始めの3年魚を追い越している。此の事は9月になると2年魚の小さい部分が漁場から去る事を示していると考えられ、又いずれにせよ、2年魚の來游は3年魚の來游に較べると、多かれ少かれ偶然的な要素を含んでいると言える。東北海區に來游するカツオが3年魚と2年魚の2年令群から成ること、及び2年魚は漁期の後半に一時的に現れることは、五島グループの場合と同様で、其の對比は興味深い。



第9圖　移動の想定圖

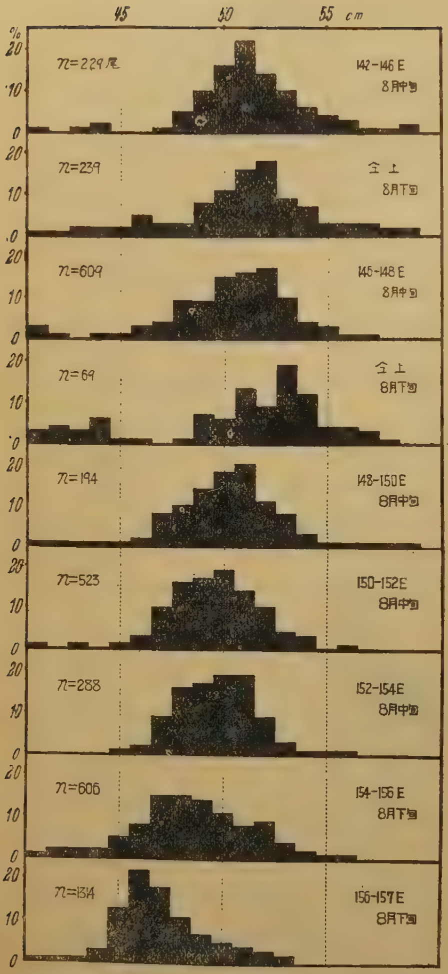
例えば、III (VI〜X) は東北グループの3年魚が6月から10月まで居ることを示し、4(周年) は列島グループの4魚が周年居ることを示す。

以上をまとめて東北グループと列島グループの移動の狀態を模式的に示せば第9圖のようになる。

(4•2)　沖合グループと近海グループの關係について

(4•2•1)　グループ内の傾斜とグループ間の傾斜

第一の問題は、体長の傾斜の問題である。一般に傾斜をもつて分布しているある形質を、その傾斜の途中で絶ち切つて一まとめにすれば、多かれ少かれ分布に差の出て來ることは當然のことである。この傾斜に始めて注意したのは Huxley[8] である。德田[9]も之を强調して、地理的に離れている二つの種が、ある形質について差異を持つている場合、その中間に連續に變化する形質が存在しているなら。これを別種とみなすことは出來ないと述べている、ポピュレーションを問題にす



第10圖　1951年の東北グループの經度別の體長組成

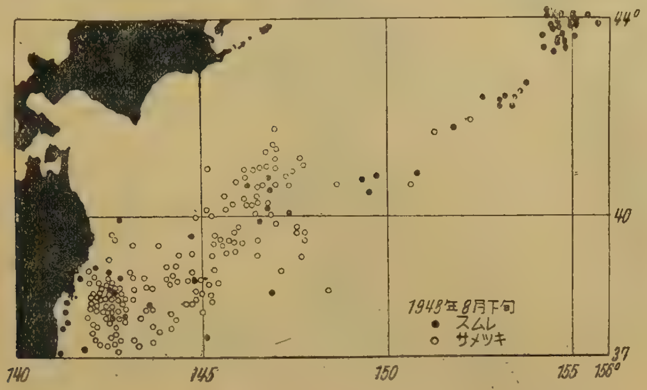
る場合にもこれと事情は同じであつて、一つの傾斜がポピュレションの内部の傾斜であるかポピュレーションの間の傾斜であるかを、はつきりと見極める必要がある。ある種の形質では、實際には不連續であるにもかかわらず、2組の形質が混合することによつて、あたかも連續的なもののようにみえることがあるのであつて、この爲に、ポピュレーション間の傾斜が生ずるわけである。しかしこの場合にも、數量化されたある形質の分布函數の分散が小さく、平均値の差が大きいような場合には、このことは生じない。

魚類が回游の狀態にある時には、特に游泳力に關する形質には當然グループ内での傾斜が期待されるわけで、これを運動傾斜（locomocline）と名ずけたいと思う。カツオ及びその他の魚の運動傾斜の問題の詳細は別に報告したい。

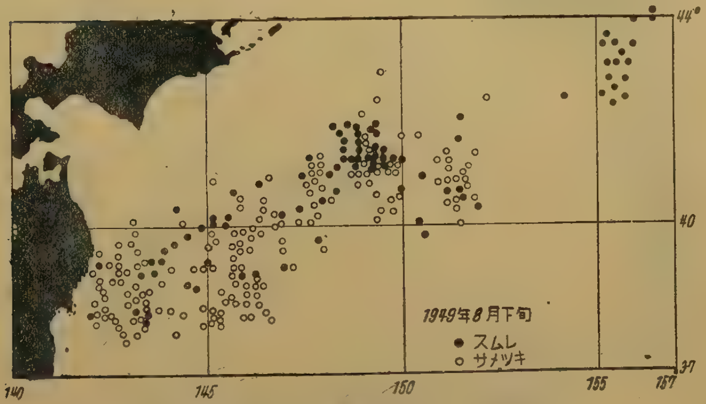
第10圖は、1951年の8月中旬及び下旬について、經度を適當に區切つて、その中で漁獲された魚の体長度數分布を描いたものである。筆者[3]が示したように、カツオの沖合グループは、いつも此の時期に漁獲されている。圖を檢討してみると、全体的に岸から沖へ行くに從つて、体長が平均として小さくなつていること、すなわち下向きの傾斜が存在することが判る。この傾斜は142°E から 154°E にかけては、8月中旬では51 cmから50 cmへと1 cmの差を示している。8月下旬には岸側にあまり漁場が出來ず、從つて資料が少いので、傾度は前旬のを借用して成長を考慮してみると、約1 cm成長しているから、52 cmから51 cmへの傾斜となる。ところがそれから2°沖の156°～157°Eではモードは46 cmにあり、その中間の154°～156°Eでは巾廣い分布を示し、そこに非常に大きな傾斜のあることが判る。この154°～156°Eの傾斜は、156°Eより岸側の傾斜とは明らかに質の異るものである。質が異るということはどうして言えるのかといえば、一つには傾斜が非常に大きなこと、もう一つには、もしそれがグループ内の傾斜とすれば、一般に等質集團の成員の体長は正規分布に從うから、その狹い154°～156°Eの間に非常に多くのカツオが居ると考えねばならず、グループ間に漁場が成立していないし、しかも後述(4•2•3参照)のように成立し得ないという事實に對應しないからである。また他の時期には、東北海區では、せいぜい1 cmの傾斜しか存在し

ないのである。

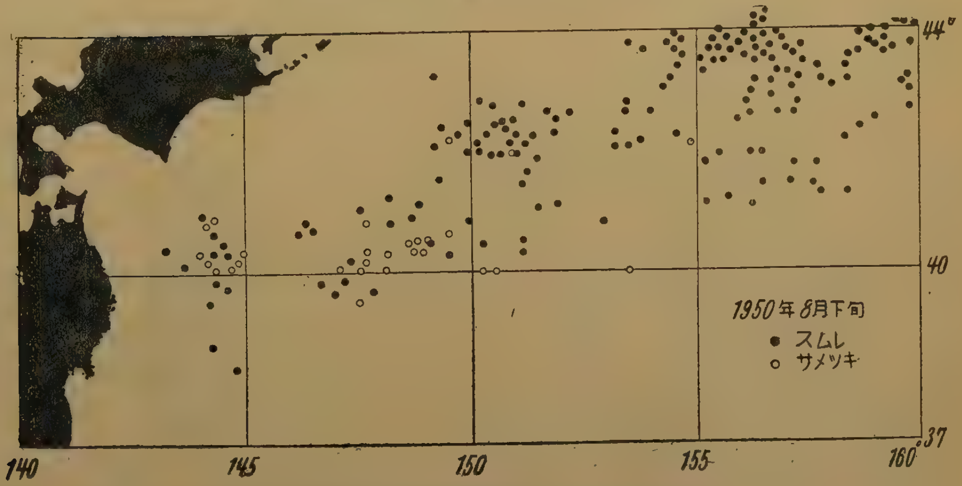
(4•2•2)　二つのグループと魚群の種類との關係



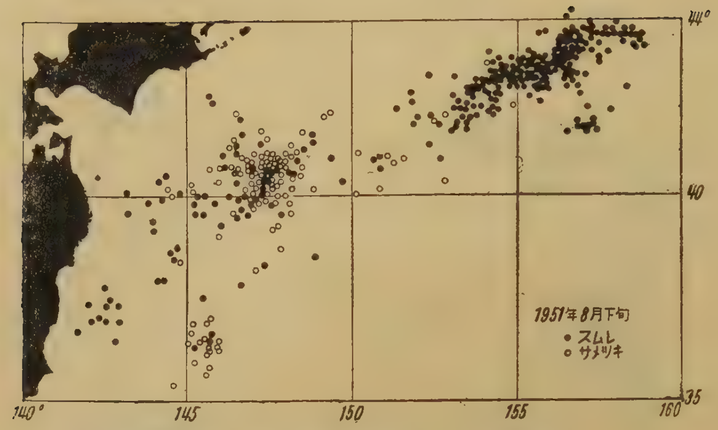
第11圖A　群の種類別分布　(1948年)



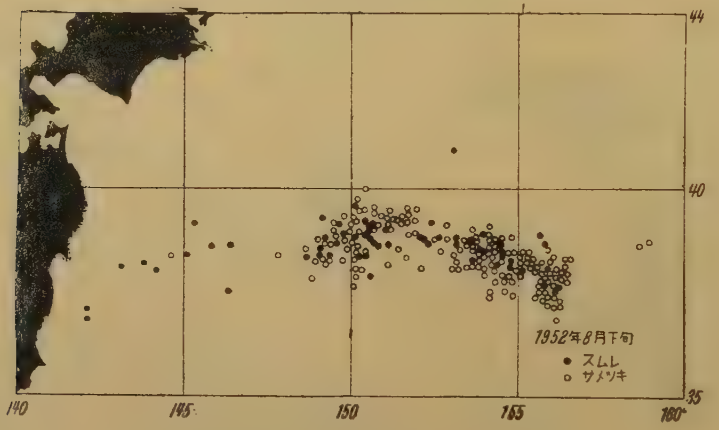
第11圖B　群の種類別分布　(1949年)



第11圖C　群の種類別分布　(1950年)



第11圖 D 群の種類別分布（1951年）

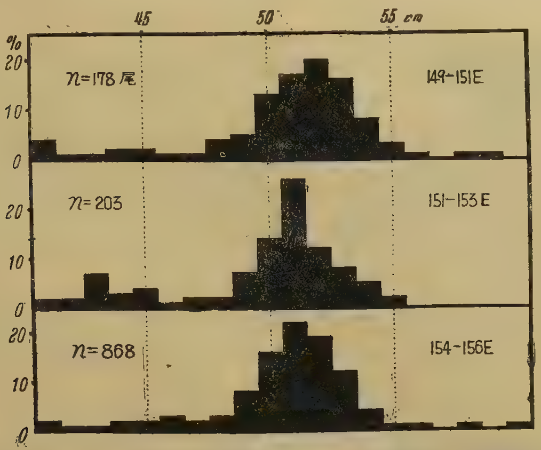


第11圖 E 群の種類別分布（1952年）

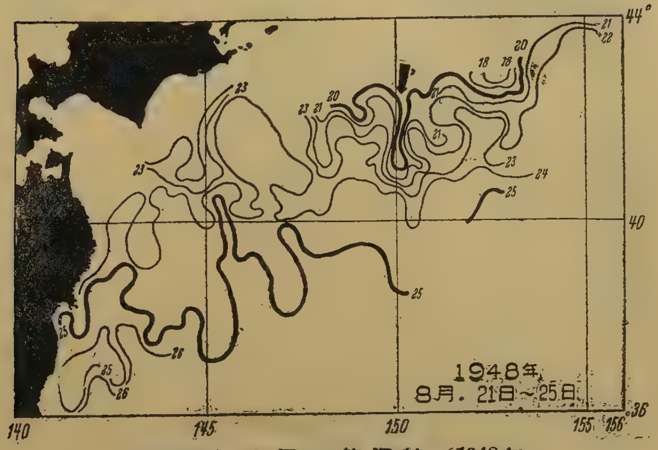
他の魚種でもそうであるように、カツオにもその群の狀態に色々なものがある。回游の狀態にある時の代表的なものは、スムレといつてカツオだけで泳いでいるもの、サメツキ，キツキといつてジンベイザメや流木と一緒に泳いでいるもの、トリツキといつて海鳥がカツオ群についているもの等である。この群の分布を示したのが第11圖である。木村[10]が注意しているように、沖合は殆どスムらのみであり、特にサメツキは全く見られない。このことは、ジンベイザメという媒介物を含めた意味での、近海と沖合という二つの環境の非常な差を示しているのである。また、この沖合にイワシが少いことも知られて居り、こういつたことから、環境從つて又海洋學的條件に大きな差があると考えられる。1952年には、沖合グループは漁場に現れていない（第12圖）が、群の分布もそれに對應している（第11圖 D）。

(4•2•3)　二つのグループと海況との關係

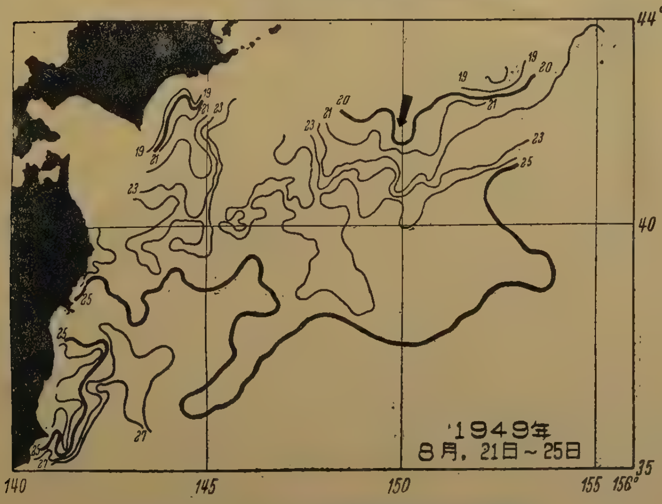
第11圖と第13圖を較べてみれば明かなように、沖合グループは、150°～153°E を中心とする



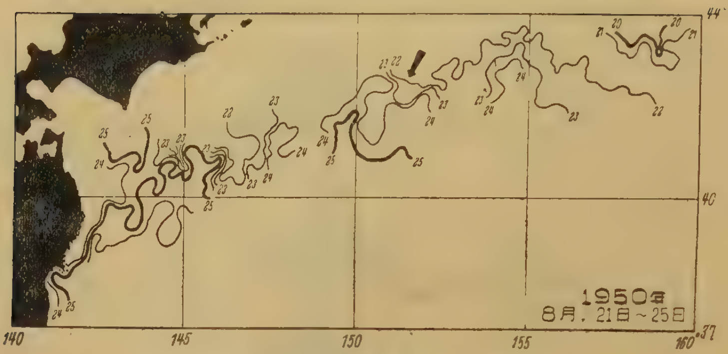
第12圖　1952年8月下旬の東北グループの經度別の体長組成



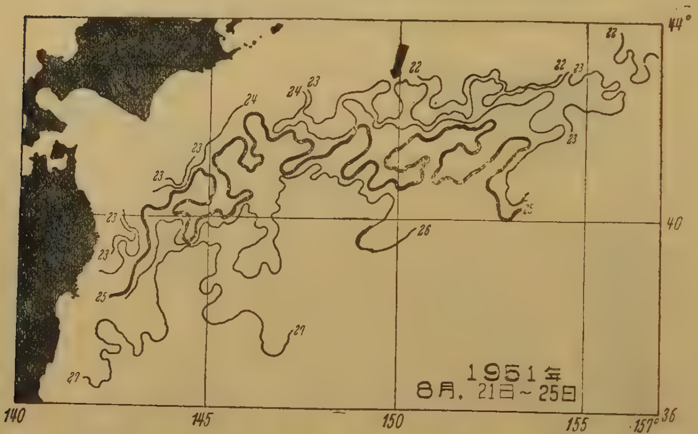
第13圖A　表面の等溫線（1948年）



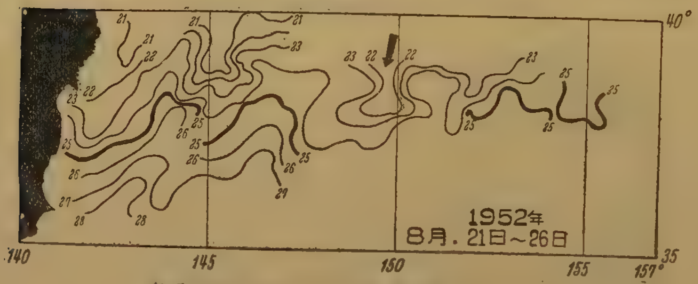
第13圖B　表面の等溫線（1949年）



第13圖C　表面の等温線（1950年）

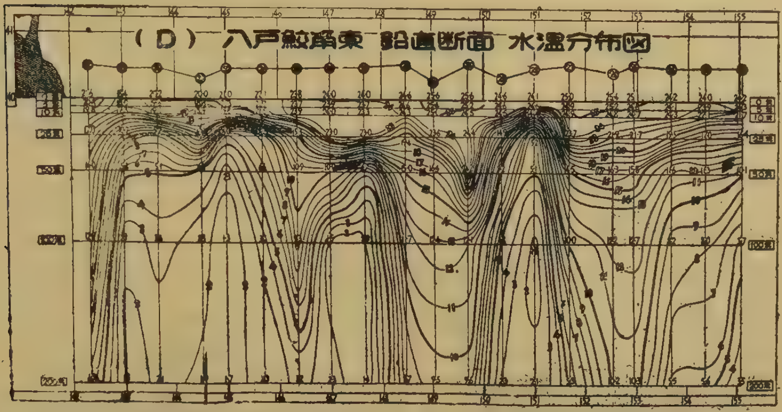


第13圖D　表面の等温線（1951年）



第13圖E　表面の等温線（1952年）

寒流水系の東側に出現している。このことをもつとはつきりと示すために、1949年の8月下旬から9月上旬にかけての、鮫角沖の鉛直斷面水温分布圖を第14圖に示して置いた。この南下寒流の兩側に、夫々カツオの別個のグループが出現する機構を將來はもつと突込んで考えてみたい。この問題は、二つの角度から、即ち一つは current system の問題から、もう一つは各々のグループの經歴から、解析し得ると思われる。



第14圖　1949年8月下旬～9月上旬の鮫角東水温垂直分布
（東北海區水產研究所海洋資源年報　昭和24年度海洋調査篇から轉載）

5.　以上の考察――日本近海のカツオのグループ關係について

以上のように日本近海のカツオには二つの組（set）があり、それぞれの組には生態的に丁度裏返しの關係にある二つのグループが含まれているらしい事を知つた。西南海區の場合と同様に、東北グループは恐らく冬の間は南方で瀬付性の成熟群であり（その前ブレは11月・12月に伊豆諸島水域の瀬につく事に現れている）、列島グループは冬季回游性の索餌群であろうと考えられ、別個の變動法則に從う異つたポピュレーションであると推定される。

すでに報告したように、西南海區の列島グループの一部は、春には一時的に瀬を離れて足摺岬に達するらしいし、又伊豆海區の列島グループも潮岬附近に迄小回游をすると考えられるから、此の二つの組は大体に於いて潮岬を境にして東西に分れていると思われる。もつとも、此の時期に此の二つの列島グループの間に部分的な交流は恐らくあるのだろうが、全体的に見ると大したことは無いだろう。一方回游群である五島グループと東北グループは、今迄の推定のように此の二つの列島ではさまれる水域には入らないと考えられるから、其の間に交流は無いものと考えてよい。

本稿を終るに當り、色々と御指導をいただいた本所長木村博士、助言をいただいた堀田技官、測定に從事された小達技官、安樂，齋藤の兩氏、黑田，小川，八百，永沼の諸技官、相澤，鈴木榮司，鈴木健介，山口，淺野の諸氏、福島技官，高橋氏に心から感謝の意を表したい。又調査に協力された漁船乘組員の人達にも感謝の意を表する。

要　　約

1.　1951年から1953迄の3ヶ年間の伊豆・小笠原海區および東北海區の体長組成から、此の方面のカツオの移動および成長について推定を行つた。從つてこの推定はまだ非常に不充分なものであり、將來更に色々な生物學的調査の結果から檢討し直されねばならない。

2.　西南海區の場合と同様に此の海區にも、魚体の大いさおよび習性を異にする二つのグループが存在する。その一つは伊豆・小笠原の列島線沿いに移動する瀬付性のグループであつて、主として4年魚と3年魚から成り、もう一つは夏から秋にかけて東北海區へ北上する回游性のグループであつて、主として3年魚と2年魚から成つている。前者を列島グループ、後者を東北グループと名ずける。

3.　列島グループの移動を年令群毎に述べると

（1）　4年魚は4月から5月にかけて伊豆諸島を訪れ,次に南下して7月から10月にかけて小笠原諸島以南に滯泳して産卵する。11月から3月にかけては索餌期で、瀬を離れて南の海に回游しているのであろう。

（2）　3年魚は伊豆海區には4月から10月迄居り、5・6月には瀬を離れて潮岬の方に迄回游するものもある。小笠原海區には恐らく周年滯泳しているものであろう。もつとも、冬季には大部分が瀬を離れて索餌回游しているのであろう。

4.　列島グループは夏に成熟するグループであり、列島線での回游は成熟回游であるため夏の成長は悪い。

5.　東北グループには、かつて筆者が指摘したように、近海グループと沖合グループの二つのグループが存在し、後者は魚体も小さく叉3年魚の單一群である。

6.　近海グループの移動を年令群毎に述べると

（1）　3年魚は列島線の東側を巾廣く北上し、5・6月に東北海區に達し、10月迄滯泳する。10月末頃から南下して、その一部は11・12月に伊豆諸島に立寄り、更に南下する。

（2）　2年魚は3年魚と同じコースを經て8月に東北海區に現れ、10月迄滯泳し、南下の際には3年魚と共に伊豆諸島に現れる。

7.　東北グループは冬に成熟するグループであり、東北海區に於ける回游は索餌回游であるため、夏の成長はよい。

8.　1951年の8月中下旬の東北海區に於ける体長の東西の傾斜から、近海と沖合の二つのグループの存在をあらためて確認した。

9.　日本近海には潮岬を境として東西に夫々、二つのグループから成る一つずつの組が存在する。此の二つの組の列島グループの間には部分的な交流が考えられるが、五島グループと東北グループとの間には、少くも太平洋北部に於いては、全く交流が無いものと考えてよいだろう。

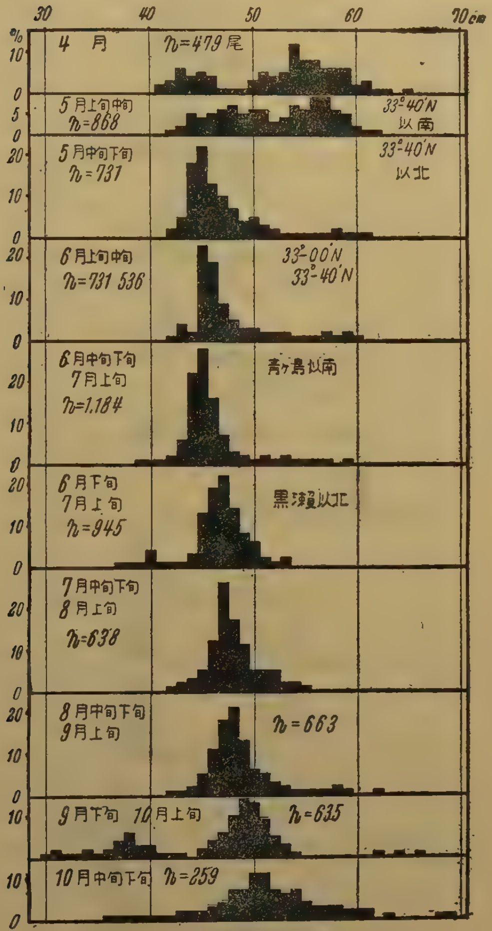
参　考　文　献

1）川崎　　健（1955）：東北海區水產研究所研究報告，4.

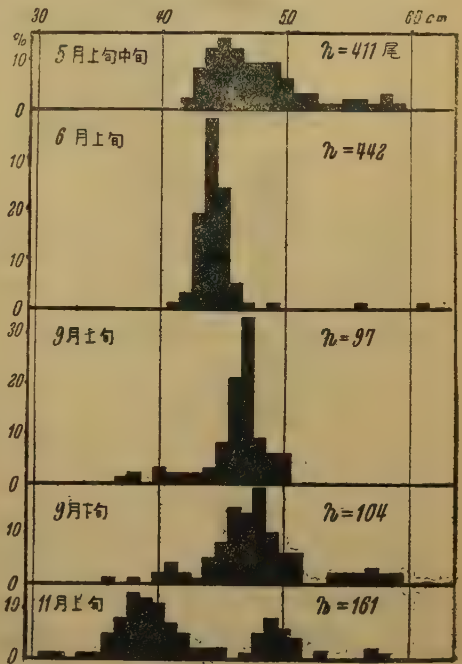
2）入百　正和　　未發表

3）川崎　　健（1952）：東北海區水產研究所研究報告，1.

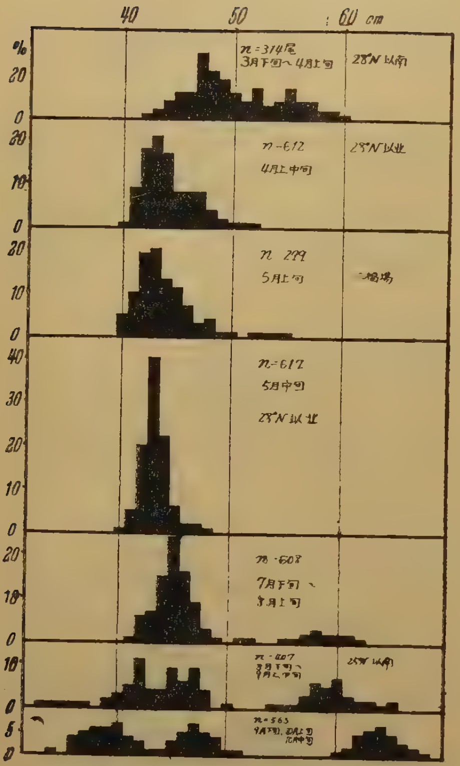
4）宇田　道隆・筑紫　次郎（1934）：日本水產學會誌，3，4.
5）岡本五郎三（1940）：　同　誌　9，3.
6）田內森三郎（1943）：　同　誌　11，5/6.
7）相川　廣秋（1936）：　同　誌　6，1.
8）　Huxley　（1939）：Bijdr. Dierk., 27.
9）德田　御稔（1950）：進 化 論，東 京.
10）木村喜之助（1954）：東北海區水產研究所研究報告，3.



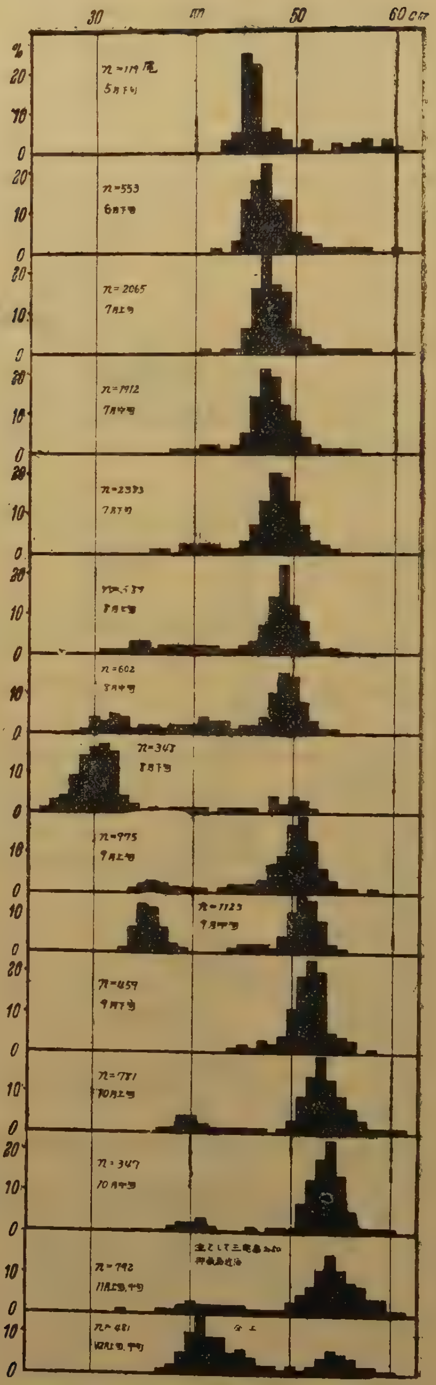
附圖 1·1　列島グループ　1953 年
伊豆諸島海區（海德場附近を除く）



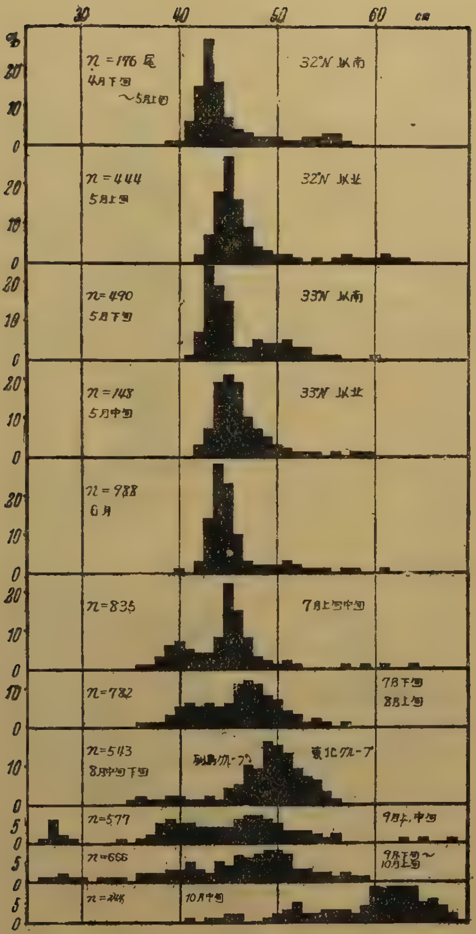
附圖 1·2　列島グループ　1953 年　海德場附近



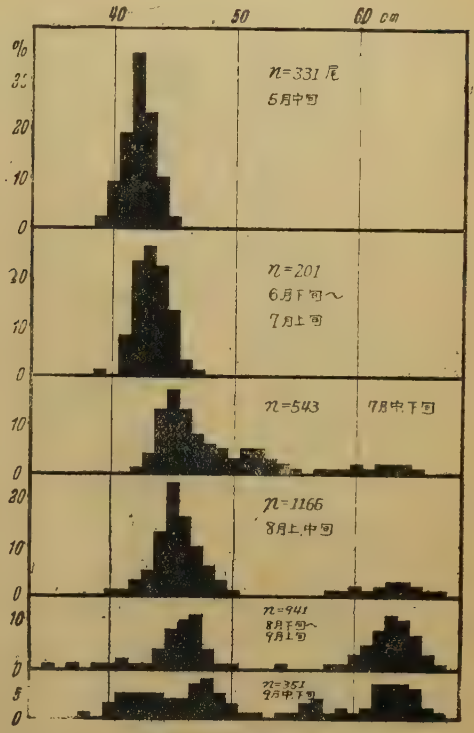
附圖 1·3　列島グループ　1953 年
小笠原諸島海區



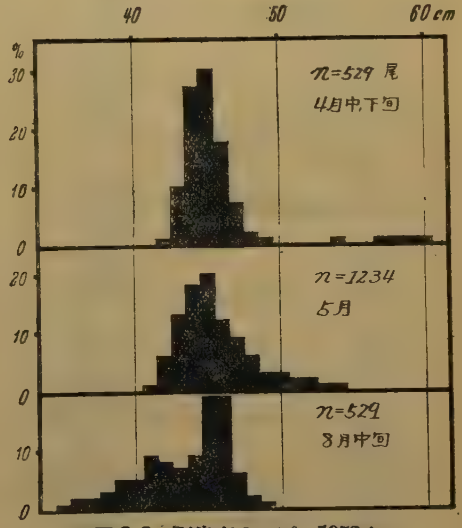
附圖 1·4　東北近海グループ　1953 年
10 月以前は東北海區



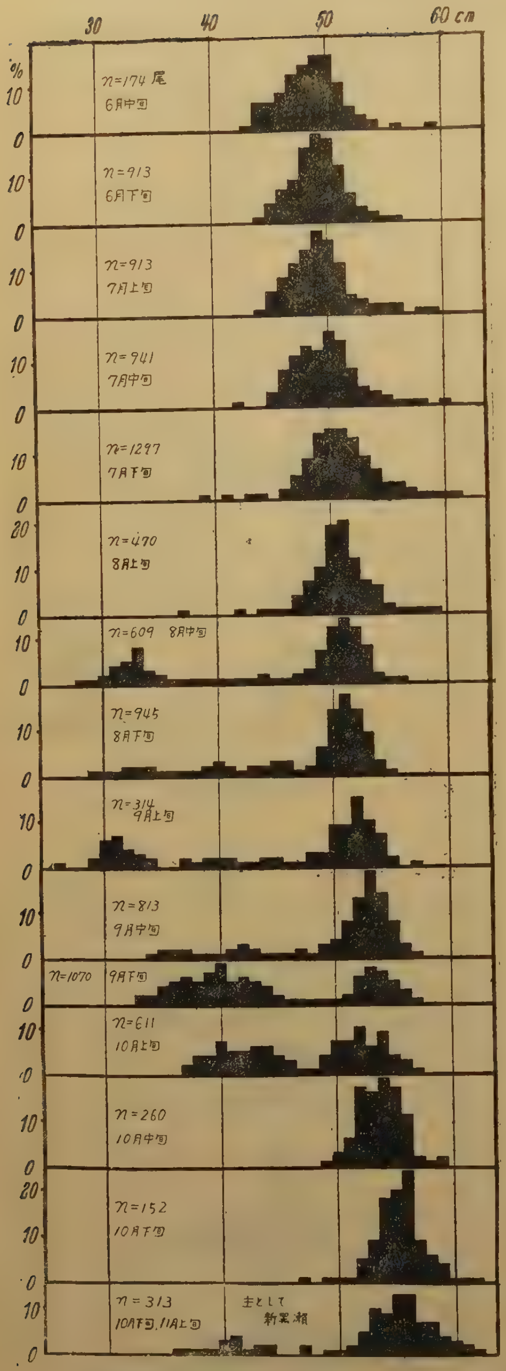
附圖 2·1　列島グループ　1952 年
伊豆諸島海區



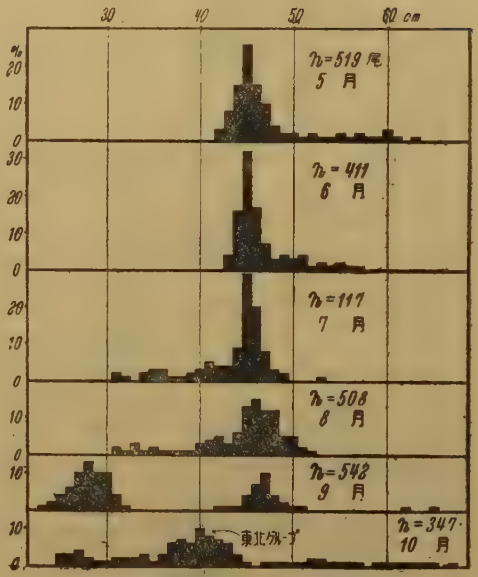
附圖 2·2　列島グループ　1952 年
小笠原諸島海區



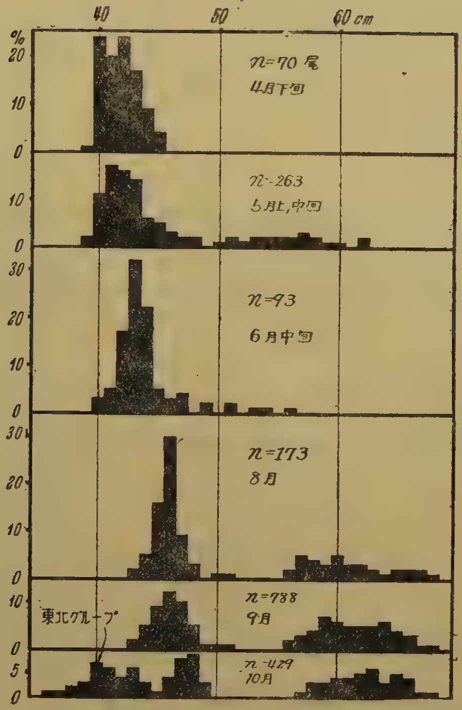
附圖 2·3　列島グループ　1952 年
遠　州　灘　沖



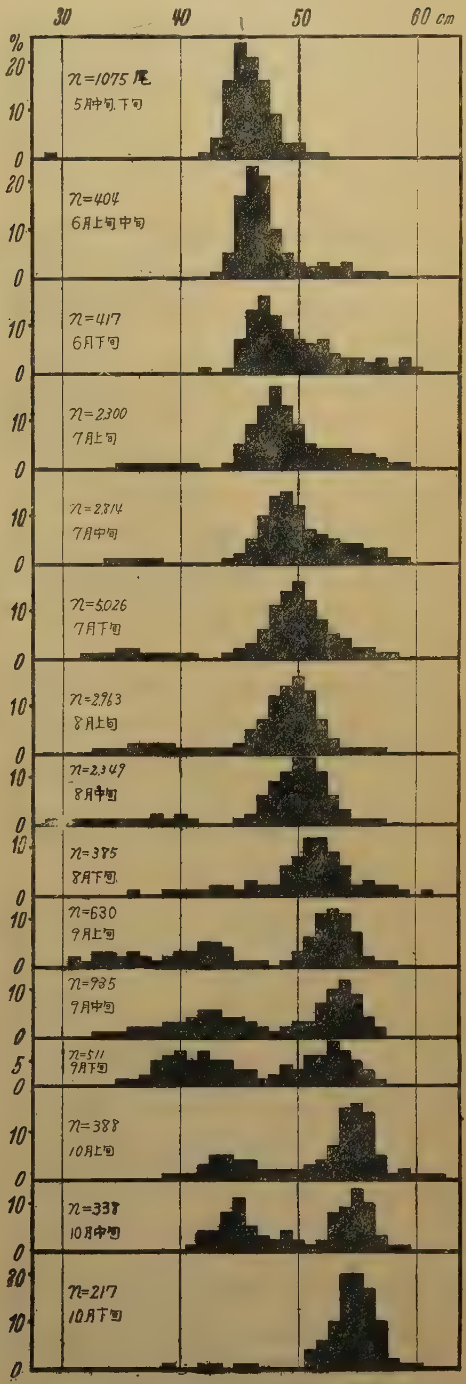
附圖 2·4　東北近海グループ　1952 年
最後以外は東北海區



附圖 3·1　列島グループ 1951 年
伊豆諸島海區



附圖 3·2　列島グループ　1951年
小笠原諸島海區



附圖 3·3　東北近海グループ　1951 年

日本近海に於けるマルソーダカツオの季節的分布とその成長※

堀　田　秀　之

SEASONAL DISTRIBUTION AND GROWTH OF THE "FRIGATE MACKEREL" *AUXIS TAPEINOSOMA* BLEEKER ALONG THE PACIFIC COAST OF JAPAN.

By

Hideyuki HOTTA

The frigate mackerel (Auxis) comprises the two species, *Auxis tapeinosoma* BLEEKER and *Auxis thazard* (LACÉPÈDE).

The two species can be readily distinguished from one another by the difference in the structure of corselet and counts gillraker and by the vertebral column in the adults (table 1).

Auxis tapeinosoma is found in the North-Eastern Sea Area along the Pacific Coast of Japan during the summer season. Some discussions on the route of migration gained by the fluctuation in abundancy (fig. 1) and the histograms of body-length frequencies (fig. 2) are presented in the text.

From the data above mentioned the growth curve of this species is as shown in fig. 4.

ソーダカツオは本邦南方海域に多く、夏季には日本海側・太平洋側共に北海道周邊に達する。東北地方では本種の來游は暖流の優勢であることを表わすものとして、福來（フクラ・フクライ）と呼んでいる。本種はカツオ・マグロ類の主要な餌料生物として重要である。太平洋に於けるソーダカツオ屬の稚魚期・幼魚期については、岸上（1923), Schafer and Marr (1948), Wade (1949) 等の研究によつて可成りの智識が得られている。筆者はさきに四國近海の本種の生態について述べたが、その後枕崎・焼津・塩釜・女川・氣仙沼の各港に陸揚げされたものについて魚體測定を行い、更にカツオの胃内容物及びカツオが釣獲直後に船上で吐出したものから見出された材料を加えて、これらの資料から太平洋側のマルソーダカツオ*の季節的な出現狀態を取纒め、その成長についての考察を行つた。

本文に入るに先だち御指導を賜つた本所長木村博士及び魚體測定に協力を得た海洋資源部各位

※ 東北海區水産研究所業績　第46號

* *Auxis tapeinosoma* BLEEKER 1854
Auxis maru KISHINOUYE 1915

に對して厚く御禮を申し述べる。

日本近海のソーダカツオ属にはマルソーダカツオ（以下カツオを省略してマルソーダと呼ぶ）とヒラソーダカツオの2種が知られている。兩者の主な相違點は第1表の通りであるが、larval stage, juvenile stage のものでは兩者の區別は極めて困難である。從つて Wade (1949) に準じて鰓耙數 44〜47 のものをマルソーダと同定した。

第1表　マルソーダカツオとヒラソーダカツオの特徴

	體形	胸甲	脊柱	鰓耙數
ヒラソーダカツオ Auxis thazard	體の横斷面は多少側偏	胸鰭の先端附近で終つている	20+19=39 caudal vertebral の第一 haemal arch (haemapophyses)は Pedicle(starks;岸上の epihaemal process) に對して多少鈍角をなして曲つている 第26,27番目の椎體の下部に小孔(inferior foramen) を形成する	10〜11+27〜30 =38〜40 (37〜43)*
マルソーダカツオ Auxis tapeinosoma	體の横斷面は殆んど圓形	殆んど側線の終り迄，幅狹く及んでいる	20+19=39 第1 haemal arch は pedicle に對して殆んど直角をなして曲つている inferior foramen を形成しない	10〜11+34〜37 =44〜47 (44〜47)*

* Wade (1949) の範圍を示す

漁況からみた出現狀態

月別陸揚量によつて或程度その出現・洄游狀態を推定し得るので、1952年の都道府縣別陸揚量を1000貫以下から35萬貫以上までの7階級に分けて圖示すると第1圖となる。この場合マルソーダとヒラソーダの區別のないことが缺點であるが、一般にヒラソーダは群團を形成することが少く、また沖合の瀨についていることが多いと言われており、その漁獲量はマルソーダに比して著しく少ないので、全部をマルソーダと見ても大きな誤はない。從つて本種の日本近海の漁況について大略次のことが云える。(1) マルソーダは1年のどの月にも全國で若干ではあるが漁獲がある。(2) 南部では殆んど周年に亘つて漁獲されるが、北部では初夏から晩秋までが漁期である。而して1月〜3月の水溫最低期間に割合に纒つて漁獲のあるのは、潮岬以南の太平洋側で、日本海側では殆んど大きな漁がない。(3) 5月・6月頃から東北海區でも漁が始まり、8月・9月には日本海側では北海道西岸、太平洋側では北海道・三陸沖も漁期に入る。この様な漁況は大體において日本周邊のマルソーダの分布の季節的な變化を示すものと思われる。

魚體組成

マルソーダの各地の測定記錄を海區別に、明らかに體長モードが區別されるもの或は測定對象が變る毎に分けて表わしたものが第2表である。その月別・海區別の體長頻度分布圖は第2圖となる。四國近海では8月に 24 cm** モードを持つ魚群が漁獲の對象となつている。

** 體長（吻〜肉質部末端迄）の級間隔は 1 cm, 即ち 24.0〜24.9 cm で、その級代表値は 24.5 cm であるが、之を便宜上 24 cm モード群と呼ぶ。(以下之に準ずる)

凡例 { × ＜1000メ　• 3000~10000〃　◎ 3.5~10.5〃　● ＞35.0〃
∘ 1000~3000〃　• 1. 3.5万メ　● 10.5-35.0〃 }

第 1 圖　都道府縣別ソーダカツオ陸揚量（1952）

この群は體長平均値の散らばりが少ないので殆んど同一系統のものと思われるが、9 月にはこれより幾分小さい平均値をもつ群が漁獲される。この様な傾向は夏季（8月・9月）油津近海の群についてもみられ（矢部 1953）、これらは更に四國近海のものよりも小さい。このことは水溫最高期に本邦南部水域に魚體の小さいもの程後から來游して來ることを示している。次に洄游の北端に當る東北海區では、8 月に 23～27 cm（モードの位置不明）と 32 cm 及び 40 cm と 49 cm にモードを持つ 4 つの體長群が區別される。この一番小さい體長群は同じ頃の四國近海のものよりもやや大きい。

第2表　海區別漁獲日毎の體長測定記錄

薩南海區

測定年月日		尾數	體長 (cm) 範圍	體長 (cm) 平均値
III-21	'52	30	35.2～42.0	37.15
IV-5	'52	30	28.7～32.4	31.02
-6	'52	7	4.9～ 7.4	5.54
V-12	'52	10	5.8～ 9.5	7.08
-24	'52	3	9.5～11.4	10.60
-25	'53	2	11.1～16.0	—
VI-2	'52	10	6.0～ 8.3	7.08
-6	'52	8	7.9～10.0	8.90
VII-14	'51	3	9.2～12.5	10.97
VIII-24	'51	1	19.0	—
IX-5	'51	4	6.5～ 8.8	8.08

四國近海

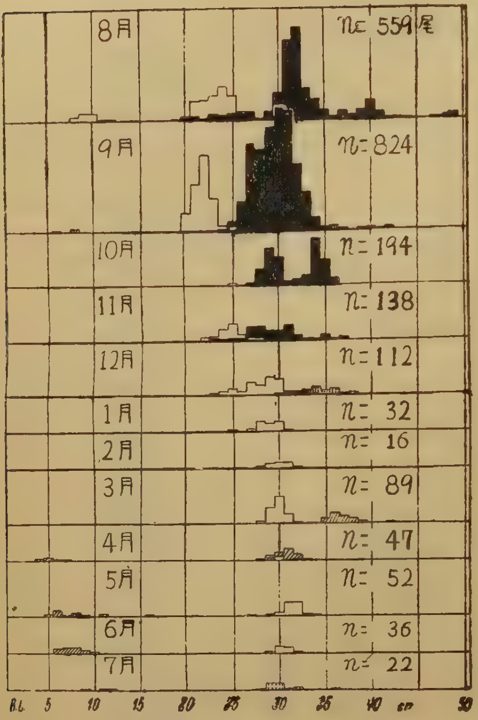
測定年月日		尾數	體長 (cm) 範圍	體長 (cm) 平均値
VIII-2	'50	18	8.6～11.5	9.54
-11	'50	19	21.3～23.2	23.22
-16	'50	33	19.6～24.6	22.55
-22	'49	26	20.9～30.0	24.21
-23	'49	36	21.2～26.5	24.86
-24	'49	14	21.5～25.0	23.30
-25	'49	12	24.1～26.5	24.62
IX-7	'49	98	20.0～24.5	21.77
-17	'49	72	21.9～23.8	22.62
-26	'49	17	22.0～23.6	22.21
X-11	'49	2	25.0～25.2	—
XI-5	'49	49	22.4～28.6	25.25
XII-9	'49	34	27.5～32.0	28.63
-15	'49	10	25.5～30.5	28.55
-16	'49	19	23.9～29.8	26.85
-17	'49	6	29.0～31.0	30.33
-20	'49	7	24.1～27.7	25.63
I-6	'51	20	27.3～31.8	29.10
-13	'54	9	28.3～30.1	29.27
-22	'51	3	28.0～30.5	29.50
II-4	'51	16	28.7～31.6	30.49
III-4	'51	20	29.1～32.0	30.14
-16	'51	39	28.7～31.5	30.14
IV-23	'51	11	29.0～33.0	30.57
V-16	'50	36	27.0～34.1	33.02
VI-27	'50	15	29.2～32.0	30.70

伊豆諸島海區

測定年月日		尾數	體長 (cm) 範圍	體長 (cm) 平均値
VII	'53	18	28.0～32.9	29.91
		1	36.5	—
XII-12	'52	33	30.4～38.4	34.62

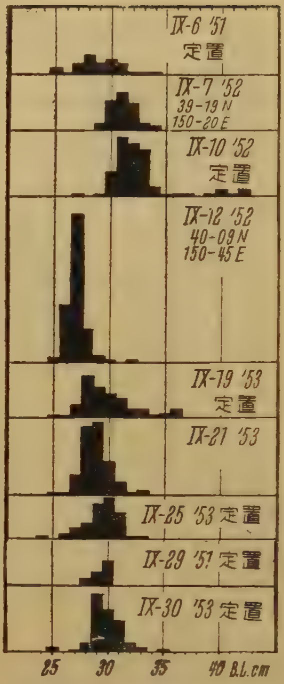
東北海區

測定年月日		尾數	體長 (cm) 範圍	體長 (cm) 平均値
VIII-23	'52	100	29.2～35.8	32.24
-25	'52	6	24.0～26.0	25.43
-27	'52	3	35.3～28.6	26.90
		5	31.1～32.8	31.92
-27	'53	105	30.5～35.0	31.77
-28	'52	1	21.3	—
		22	30.6～35.3	32.28
		2	40.1～43.1	—
-28	'52	100	27.4～33.2	30.49
		100	29.2～33.7	31.15
-29	'52	6	20.3～24.6	22.23
		10	29.7～35.7	32.00
		21	37.2～42.8	40.06
		6	47.3～49.9	47.33
-29	'53	100	29.1～33.6	30.74
-30	'52	17	23.2～27.8	25.53
		69	29.1～41.7	34.25
-31	'52	9	20.1～27.6	25.10
		20	31.5～44.5	37.58
IX-6	'51	38	25.0～33.8	28.83
-7	'52	50	29.3～34.3	31.53
-10	'52	1	27.1	—
		91	29.9～37.4	32.47
		8	39.6～42.2	38.60
-12	'52	113	25.1～30.4	27.32
		1	32.1	—
-19	'53	80	25.2～36.8	30.21
-21	'53	100	25.9～33.6	28.66
-25	'53	1	24.4	—
		64	26.2～33.3	29.88
-29	'51	20	28.5～30.7	29.85
-30	'53	2	25.9	—
		96	27.6～33.4	29.46
		1	35.2	—
X-3	'53	50	27.5～32.6	29.69
-17	'53	100	31.6～36.3	34.61
-25	'52	32	28.2～30.6	29.45
XI-1	'52	1	23.1	—
		37	26.5～32.1	28.92
-4	'52	28	25.1～37.1	31.63
		10	33.2～37.1	35.81
-5	'52	5	23.6～26.4	24.74
		8	30.4～32.6	31.57
		1	35.0	—



第2圖 体長頻度分布

■ 東北海區　□ 四國近海
▨ 薩南海區　▦ 伊豆諸島海區



第3圖 東北海區 9月の漁獲日毎の體長組成

9月には8月のモード32 cmに對應させる群がなく、幾分小さな29, 30 cmにモードを有するものが主となつて、これに27 cmモードがある。之は日々の漁獲物毎の体長組成をみると明らかである（第3圖)。10月には29 cmと34 cmの2群となり、11月には漁獲も少く、モードは明らかでないが、23～27 cmの間に連續的に分布し、10月の2群に對應させることが出來る。以後伊豆諸島・薩南海區と大體無理なく對應させる事が出來る。従つて漁況でも明らかな様に漸次月が進むに従つて南部への移動を示すものと思われる。

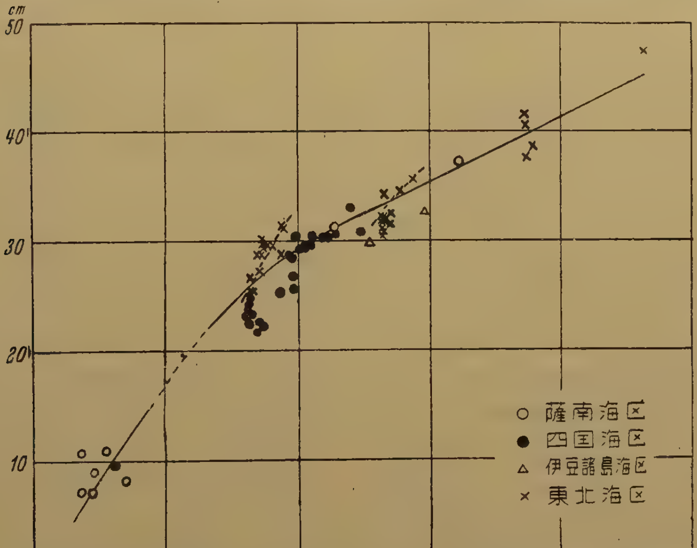
成　長　曲　線

幼魚については Wade (1949) がフィリッピン水域で3月初旬～4月中旬に体長3.2～7.6 cmのものを、岸上 (1923) が沖縄近海で7月上旬に全長11～17 cmのものを採集している。薩南海區で釣獲されたカツオの吐出物及び胃内容物中に見られたマルソーダの幼魚は、4月4～7 cm, 5月5～11 cm (他に1尾16 cm), 6月6～10 cm, 7月9～12 cmの大きさであり、8月四國近海で集魚燈（一本釣の燈火）に集まつた幼魚も8～12 cmで、之等からマルソーダの當歳魚の成長を大體見當つけることが出來る。

而して8月・9月の四國近海では上記の10 cm前後のものの外、19～26 cmのものが漁獲され

ており、その中間の大きさのものが見られていないし、當歳魚の成長傾向から見ても、四國近海の19～26 cmのものを1歳魚（満1年以上）と考える。然し東北海區の8月の漁獲物は前述の様に20～27 cmで幾分大きい。9月には四國のモードが22 cmであるのに東北では27 cm, 10月は四國の25 cm（但し2尾）に對し、東北では29 cm, 11月には四國の25 cmに對し、東北では27, 28, 31 cm であつて、常に東北海區のものが大きい。この四國と東北の漁獲物の體長差は年令の差とは考えられず、同年令のものの地方的相違と考えるべきであろう。之と同様な事がカツオについても知られている。即ち東北海區で漁獲されるカツオは、8月頃から急に成長が大きくなり、伊豆・小笠原・薩南海區のものとは體長に於いて大きな差を示す。従つてマルソーダにも此の現象が見られることになる。

12月以降東北海區にはマルソーダの記録はないが、四國では12月～7月の期間にも漁獲があり12月には25～30 cm, 3月には30 cm前後、その後も大體30～32 cm程度である。即ちこれが2歳魚の前半年の大きさと見てよいであろう。而して此の大きさのものが8月には東北海區に出現し（モード32 cm)、9月の魚體は成長を辿るのに甚だ都合が悪いが（30 cmモードは1歳魚と2歳魚の中間に當る)、10月のモード34 cm, 11月の35 cmを結んでゆけば、大體無理のない成長曲線が得られる。上述の9月の魚體については、日々の魚體組成（第3圖）を吟味すると、'52年の2例はモードが31 cmにあり、大體2歳魚と考えられるが、1例は27 cmで1歳魚と見た方がよく、'53年の4例はモードが28～30 cmで、全部1歳魚と見るべきであろう。



第4圖 成長曲

斯様に成長を推進してゆくと、東北海區のモード40cm, 47 cm群は3歳魚、4歳魚ということになる。

今上述の推定によつて0～4歳魚の各出現群の平均體長をプロットして、その成長曲線を描いたものが第4圖であるが、更に東北海區の8～11月のものを各年令群別にプロットすると破線の様になつて全體的の成長曲線とはかなり勾配の違つた曲線が得られる。

これらの點についても今後正確な年令査定の研究によつて裏付けされなければならない。

参　考　文　献

Herald, Earl, S. (1951) : Pseudofins on the Caudal Peduncle of Juvenile Scombroids. California Fish and Game, Vol. 37, no. 3.

堀田　秀之 (1950) : 四國地方特に德島沿海のソーダカツオ漁業とその生態 (I) マルソーダカツオ 德島水試報告 (昭和23・24年度)

堀田　秀之・小川　達 : 海區別カツオの食餌組成について　東北水研研究報告4號

今井　貞彥 (1953) : マンゴール島・チモール島沿海に於ける鮪延繩漁業試驗 (IX 稚魚及胃内容物) 鹿兒島大學水產學部紀要 vol. 3, no 1

川崎　　健 : 南西海區に於けるカツオの成長及び洄游について　東北水研研究報告4號

川崎　　健 : 伊豆・小笠原海區及び東北海區に於けるカツオの成長及び洄游について　東北水研研究報告 4號

Kishinouye Kamakichi (1923) : Contributions to the Comparative Study of the So-called Scombroid Fishes. Jour. Coll. Agr. Tokyo Imp. Univ. vol. 8, no. 3

農林省農業經濟局統計調査部 (1953) : 海面漁業漁獲統計表 (1952)

岡田彌一郎・松原喜代松 (1938) : 日本產魚類檢索　三省堂

Schaefer, Milner, B. and Marr, John, C. (1948) : Juvenile *Euthynnus lineatus* and *Auxis thazard* from the Pacific Ocean off Central America. Pacific Science. Vol. 2, no. 4.

Wade, Charles, B. (1949) : Notes on the Philippine Frigate Mackerels, Family Thunnidae, Genus Auxis. Fish and Wildlife Service, Fishery Bull. 46.

矢部　博・安樂　昇・森　德見 (1953) : 夏季油津近海に來游する Scombroid fish の未成魚に就いて 南海水研研究業績集1號

底曳網漁獲量の群聚生態學的考察※

甲　二　郎

SYNECOLOGICAL STUDIES ON THE CATCH BY BOTTOM SEINE

by

Jiro KINOE

1) It was ascertained that "the law of geometrical progression of the population density" could be applied to the catch by the bottom seine, which was trawled by an experimental fishing boat (24 t), along the coast of Iwate Prefecture from October, 1950 to September, 1951. In this sea area the bottom communities of the three zones, viz. the shallow water zone (depth of 50 m), the subdeep sea zone (depth of 250 m) and the deep sea zone (depth of 450 m), were compared with each other.

Among the fishes caught those less than 2 kg were excluded from the application of this law, because the weights were not reliable. It was supposed that the fishing net was not selective to any species, and that its efficiency was equal every time of fishing.

2) The equilibrium expressed by the law of geometrical progression is broken by the occurrence of some dominant species during the seasons of aggregation for their spawning or temporary feeding, and soon after these seasons it recovers to the usual conditions. The dominant species alternate with the others according to the fishing season, two or three times a year, mainly in spring and autumn, relating to the break of equilibrium.

3) The deeper the depth of the sea, the more simple is the composition of the bottom communities; the number of species decreases with the increase of the depth of the sea.

4) The species which break the equilibrium are *Microstomus stelleri* S. and *Theragra chalcogramma* P. in January, *Sebastolobus macrochir* G. in November and *Clidoderma asperrimum* (T. et S.) in May.

I 緒　言

生物群衆は自然環境の中で種間相互及び外界條件に對して一つの平衡狀態にある。これらの群衆の性質を統計的に表現する方法の一つとして、元村[1]の個體數密度の等比級數法則が動物群衆の解析に用いられている[2~8]。然るに水產生物に關する群衆生態學的研究はその例が少く、特に漁

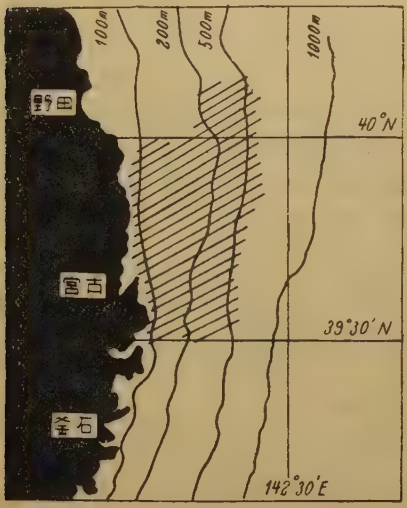
※ 東北海區水產研究所業績　第47號

業の對象となる魚類に關しては、移動或いは漁場の環境諸要因との關係等を除いては甚だ少い。筆者は東北海區に於ける底曳資源調査の資料に基づき、魚類を主とする底棲動物群衆を對象として、等比級數法則に基き考察を加えた結果、若干の知見を得たので以下に報告する。

尚研究に際して文献借覽の便と御教示を與えられた東北大學淺虫臨海實驗所徳井利信氏に謝意を表する。

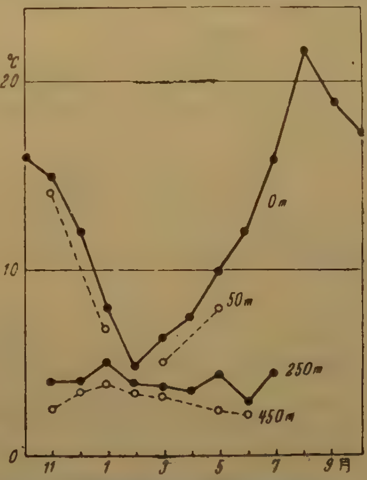
II 資 料 と 方 法

等比級數法則は個體數に關するものであるが、山本は個體數の代りに重量を以てしても同様成立するとし、徳井[9]は魚類の湖沼生産量に適用し、個體數增殖の効果を現わし得ることを示し、又吉原[10]は以西トロール・底曳の品種別漁獲量にも成立すると述べている。筆者は重量による等比級數法則を底曳漁場に於ける動物群衆（主として魚類）にも適用し得るか否かを検討し、季節的遷移と深度による差違を考察した。



第1圖　宮古沖漁場圖

標本抽出の棲地としては岩手縣宮古港沖の漁場を選んだ（第1圖）。此の漁場は海底傾斜が明瞭であり、1950年10月以來同一漁船（24トン）に依る深度別操業が周年にわたり繼續され、毎回の漁獲量記録が充實し、本研究の目的に最適と思われた。漁獲記録は操業中の船上で1網毎に魚種別入網量を記録したものである。この漁場を淺海帶（水深 50 m）、亞深海帶（水深 250 m）、深海帶（水深 450 m）の3生態區に分ければ、これ等の生態區は深度を異にする以外に、環境條件（水壓、光線、水溫、流動、底質）も甚しく異なるが、底層水溫についてその年間の差異を示せば第2圖の通りである。



第2圖　各生態區に於ける底層水溫の月別變化

本研究では入網量 2 kg 以下の種類を除いたが、これは次の様な理由によるものである。即ち漁獲量の多い種類は魚函に收容されるので、入網量の推算も容易であるが、少量のものは目分量のみに止まり、推算の誤差が大きいと考えられるからである。

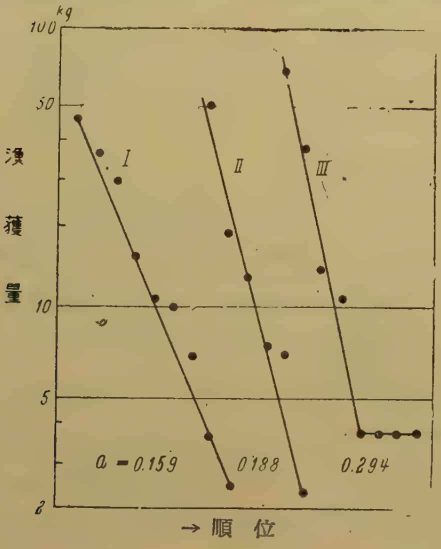
又、底曳漁場には間斷なく人爲的刺戟、即ち漁獲努力が加えられているが、移動性の少い底棲動物群衆にはその強度が平均に加えられ、且つ網漁具の選擇性はないものとする。而して投網・曳網による圍繞面積は略等しく

漁獲量はその漁場に於ける分布密度に比例するものと假定した。

III　等比級數法則適否の検討

1.　毎回の入網量

一般漁船の操業する亞深海帶に於ける漁獲記録（1950年11月）を1例として示すことにする。3回の操業毎の入網量に等比級數法則適用を試みると第3圖となる。

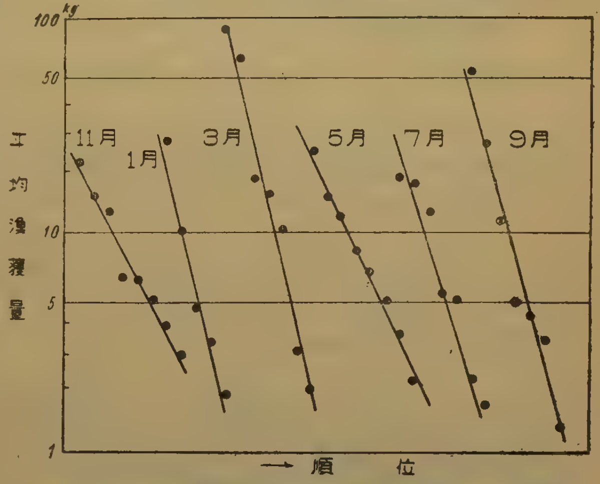


第3圖　毎回の入網量と漁獲順位との關係

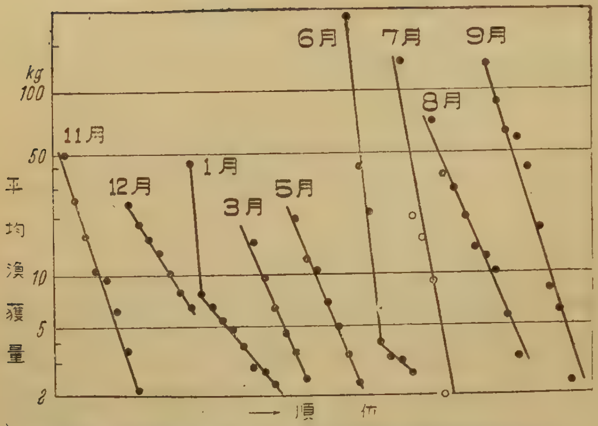
縦軸 y は漁獲量を對數で示し、横軸 x は入網量の混獲順位を示しているが、何れも兩者の關係は直線的であり、$\log y = b - ax$ (a, b; 恒數) として現わすことが出來る。換言すると、種類別の入網量に於ける順位が1つ低下すれば入網量の對數は a だけ減少することを意味し、等比級數的關係を示すものである。a は直線の傾斜を決定する係數であり、優占種と從屬種との優劣の強度を表わすものである。

2.　平均入網量

各生態區に就いて入網量の平均値（操業回數3回以上の平均漁獲量）を y としても、前記の1網毎と同様に直線となる。（第4, 5, 6圖）。元村[3]は陸產卷貝類の群聚組成の資料に基づき、各回の觀測値はこの法則に從つても、各回の總計値については否定される場合があり、これを以て等比級數法則の成立する生物學的限界の1つと考えた。即ち優占種（Dominants）は各觀測値に於いて必ずしも同一でなく、故に各回の總和は同一群聚と考え得ないものを算術的に加算したため、この法則にあてはまらないのであると推論している。しかしながら底曳漁場を1つの生態圏として考える時、1網の圍繞面積は極めて小範圍であり、しかも優占種と考えられるものは漁場的に、季節的に略定まつている故に、1網毎の多少の變異は底曳漁場としては單に標本の變動に過ぎないもので、大きな意

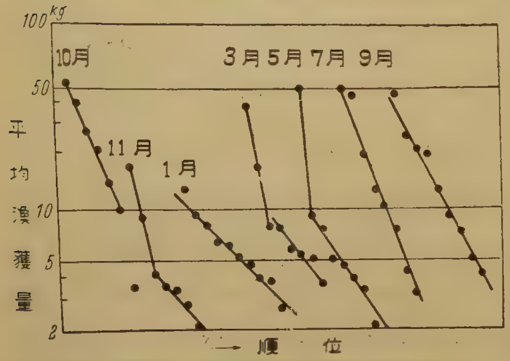


第4圖　淺海帶に於ける平均入網量と漁獲順位との關係の月別變化



第5圖　亞深海帶に於ける平均入網量と漁獲順位との關係の月別變化

味を含まないであろう。魚類・タコ・カニ類を含む底棲動物群は何れも移動性を有するものであり、相互に緊密な關係を有する統一的成群として分布していると考えられ、又底曳漁場は相當廣い面積に渉つて均質の棲地であると考えられるから、各回の入網量の總計又は平均を以て漁場の群衆が表わされると考えてよいであろう。



第6圖　深海帶に於ける平均入網量と漁獲順位との關係の月別變化

淺海帶に於いては2kg以上の全漁獲物は組成相が季節的に變化しても常に單一の直線上に分布するが、亞深海帶・深海帶では然らざる場合が認められた。濱井・大澤[8]は池沼 Plankton の個體數密度に就いて、genus（屬）を生態個として扱つた場合原則的に此の法則に從うが、Biotic potential の高い生態個の存在の下では單一式では示されず、優占種群と從屬種群との2つの平衡が共存するとした。しかし底曳網の漁獲物では第5, 第6圖の樣に、平衡律に從わぬ種類は1種又は2〜3種に限られ、しかもこれは一時的であつて、後述の如くその種の產卵、索餌に基く密集去來に原因すると認められるので、前述の如き2つの平衡の共存と考えることは不適當である。むしろ底曳漁場では底棲群衆の或特定成員の生態的要因のために、この平衡狀態が一時的に破れるものと考えられる。この點については季節的遷移として次に詳說する。

IV　季節的遷移

1.　淺海帶 Shallow water zone

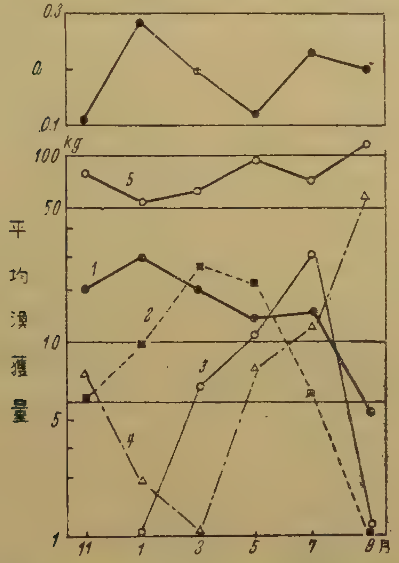
此の水域は水深50m内外で沿岸に近く、周年小型延繩船以外の一般底曳漁船の操業は行われない。漁獲される種類は淺海性カレイ類・亞深海性カレイ類の幼魚・アンコウ・ホシザメ・カナガシラ・カガミダイ等であり、入網種類は10〜20種に及んでいる。但し2kg以上の漁獲を示すものは通常7・8種である。

等比級數法則を適用した結果は第4圖の如く、各月ともによく從うことが認められた。次に log

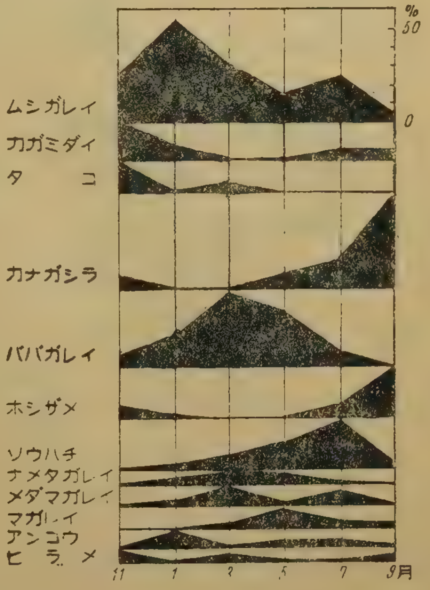
第1表　log $y=b-ax$ に於ける a の値の月別變化
（淺海帶）

月	11月	1月	3月	5月	7月	9月
a	0.110	0.270	0.197	0.119	0.219	0.200

$y=b-ax$ に於ける a の値を月別に求めると第1表となる。第7圖は a と全入網量及び混獲率の高い種類の變動との關係を示すものである。又第8圖に混獲率の百分比の月別變化により主要漁獲物の組成的消長を示した。以上の諸圖表から淺海帶の群聚について次の様に云い得る。



第7圖　log $y=b-ax$ に於ける a の季節的變化と優占種の消長（淺海帶）
1. ムシガレイ　2. ババガレイ
3. カナガシラ　4. ソウハチ
5. 全漁獲量



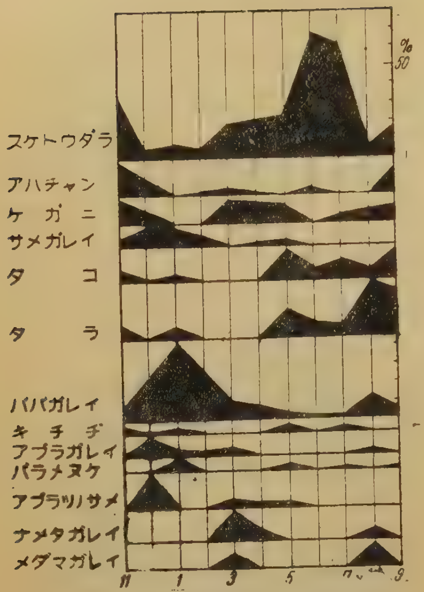
第8圖　主要漁獲物の組成的消長
（淺海帶）

i）淺海帶に底棲し、漁獲對象となる群聚を構成する種類は10～20種であるが、その中 2 kg 以上入網するのは約1/2で、凡そ7・8種に過ぎない。

ii）主要漁獲物は等比級數法則に從うが、優占種は季節的に交代する。即ち11月～1月はムシガレイ、3～5月はババガレイ、7月はカナガシラ、9月はソウハチとなる。群聚組成は冬と夏（1月と7月）に種間の優劣の强度が强くなり、秋と春（11月と5月）に弱まる年2回の交代期を有する。

iii）この交代は優占種の交代、從つて特定魚種の漁期と密接に關連し、冬季はムシガレイ・ババガレイ、夏期はソウハチガレイ・カナガシラの漁期に相當し、このとき群聚は種間の優劣の度が强まり、次の漁期に移行する期間に種間の優劣の度が弱まる。

2.　亞深海帶 Subdeep sea zone



第9圖　主要漁獲物の組成的消長（亞深海帶）

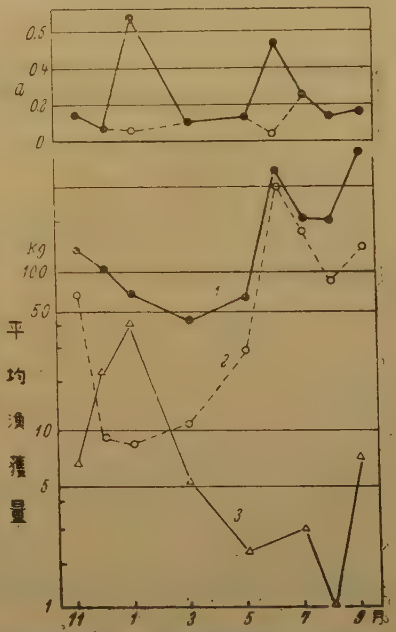
此の生態區は所謂大陸棚斜面（Continental Slope）に相當し、漁場價値が最も高く、底曳漁船が周年操業している場所であり、年間を通じての主要對象はスケトウダラ・マダラ・ババガレイである。

前と同様に月別に檢討すると第5圖の如く、1月及び6月を除いて他の7ヶ月はよく單一の直線に從うことが認められる。主要魚獲物の組成的消長は第9圖，aの値の月別變化は第2表で示され、優占種の消長とaの變動との關係は第10圖で示した。第2表の1月・6月の下段の數字及び第10圖のaの變化圖の白丸は順位下位列のaを示す。1月には最優占種たるババガレイ1種のみ多く、6月はスケトウダラが他を壓して多いが、これは次に述べる生態的要因に基くためである。即ち1月は本漁場に於けるババガレイの繁殖期で濃密に成群し、6月はスケトウダラの最も旺盛な索餌期に相當しこの魚の洄游機構が他の底魚と異るため、これらの期間に於て濃密な漁場を形成するものであろう。[11)]

第2表　$\log y=b-ax$ に於ける a の値の月別變化（亞深海帶）

月	11月	12月	1月	3月	5月	6月	7月	8月	9月
a	0.148	0.059	0.699 (0.050)	0.115	0.152	0.545 (0.025)	0.260	0.133	0.158

加藤[4)]は電灯に集る昆虫群衆の月別統計資料を元村の法則に依つて配列し、最優占種が時として此の平衡を破ることに注意した。そしてその原因として平衡を破る昆虫はたまたまその時期が羽期に相當し、しかも羽化が短時日に限られているために、一時に大量に出現する結果、平衡状態にあつた群衆を亂すものと述べている。漁獲物の組成に就いても、集中的な漁期が比較的短期間に限られていることはその魚種の一時的な成群のため、群衆の平衡が亂されたことを示すものであろう。これらは生態學的に興味ある事實と考えられる。



第10圖　"a"の季節的變化と優占種の消長（亞深海帶）
1. 全漁獲量　2. スケトウダラ，タラ　3 ババガレイ

以上述べ來つたことから亞深海帶の生態區としての特性を示せば次の通りである。

i）亞深海帶の動物群衆を構成する種類は 7〜15 種であ

るが、2 kg 以上入網するのは凡そ 6~9 種である。

ii）一般にはよく等比級數的平衡律に從うが、特定種の漁期に限り一時的に平衡が破れ後回復する。その時期は 1 月・6 月であり、それぞれババガレイの產卵期及びスケトウダラの索餌期の密集群に原因する。要するに 1 年を通じて此の生態區に棲息する群聚の平衡狀態は、此の 2 種の魚類の量的消長に支配されているとみなすことが出來る。

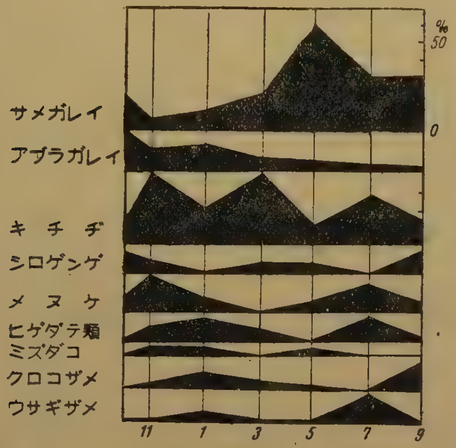
3. 深海帶 Deep sea zone

深海帶は棲息魚の種類が少いが、漁場價値は必ずしも低くはなく、時期的に變動はあるが、漁船の操業は比較的多い。主要漁獲對象はサメガレイ・キチヂ・メヌケ・ヒゲダラ類及び深海性サメ類である。

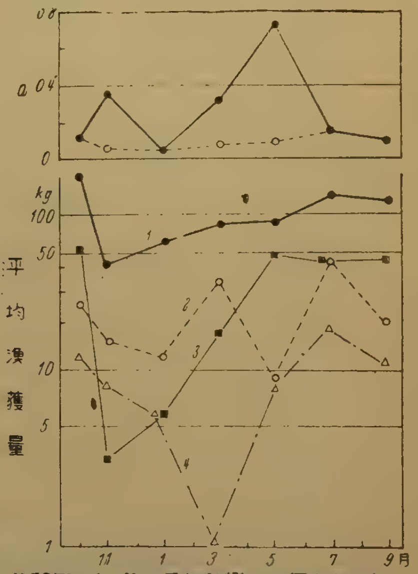
他と同樣にして檢討の結果は 11 月・3 月・5 月に於いて優占種の第 1, 2 位を占め 3 種類が他を壓して多く、單一直線上に分布しないが、その種類はキチヂ及びサメガレイである。他の 10 月・1 月・7 月・9 月は概ね 1 直線上に分布する（第 6 圖）。キチヂは 11 月が產卵期、サメガレイは 5 月が最も旺盛な索餌期に當り、密集した魚群をなすことが知られている。[11]

第 3 表　$\log y=b-ax$ に於ける a 値の月別變化　（深海帶）

月	10月	11月	1 月	3 月	5 月	7 月	9 月
a	0.114	0.361 (0.055)	0.063	0.341 (0.094)	0.755 (0.094)	0.165	0.123



第11圖　主要漁獲物の組成的消長（深海帶）



第12圖　"a" の季節的變化と優占種の消長（深海帶）
1. 全漁獲量　2. キチヂ
3. サメガレイ　4. メヌケ

次に漁獲組成の變化は第 11 圖に、優占種の消長と a の變動との關係は第 12 圖に示されている。これらから次の如く云い得る。

i）出現種類は 8~11 種で、この殆んどが平均 2

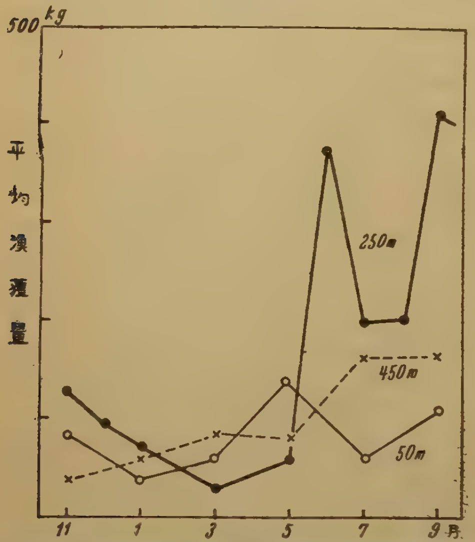
kg 以上入網する。即ち種類は限られているが、それぞれの分布量は比較的多い。

ii）亞深海帯と同樣、特定種（第1, 2位の優占種）はその漁期に限つて平衡を保ち得ないが、他はよく等比級數法則に從い、周年の變動は少い。平衡律を破る要因はキチヂの産卵群（11月）、サメガレイの索餌群（5月）による密集である。この時期に優占種が交代する。

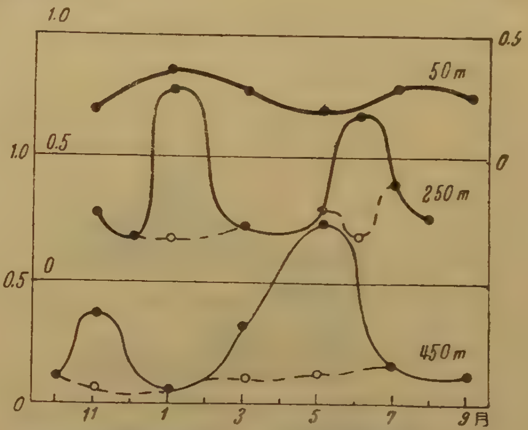
V　各生態區の比較

元村[2]は Tidal zone の動物群衆を解析して、高水準に於いて單純であり、低水準に於いて複雜になることを示しているが、底曳漁場の生態區はこの傾向と對照的であると云えよう。即ち出現種數は水深が増す程少くなる。但し漁獲量の水深による差は月によつて變動し、水深による一定の關係は見られない（第13圖）。

等比級數法則の a の値、即ち優占種と從屬種との優劣の傾斜の周年變動は各生態區とも2回の山を持つが、何れの山も水深の大きい程早期に現われる（第14圖）。但し亞深海帯及び深海帯の山は特定魚種の一時的な異狀成群によることは上述の通りであり、これを除けば水深の大きい程變動の巾は小さい。



第13圖　各生態區に於ける月別平均漁獲量の比較



第14圖　各生態區に於ける"a"の季節的變化の比較

VI　摘　　要

1）宮古沖漁場に於ける同一漁船の深度別操業での1網毎の魚種別入網量について等比級數法則の適否を檢討し、平均入網量もよくこの法則に適合することを見た。よつて平均入網量の解析により底魚群集の季節的遷移とその深度別生態區の比較を試み次の結果を得た。

2）亞深海帯及び深海帯では、少數の優占種の産卵或は索餌のための移動・密集期には、組成の平衡は一時的に破れ後回復する。平衡を一時的に破る種類はババガレイ（1月）、スケトウダラ（6月）、キチヂ（11月）、サメガレイ（5月）である。

3） 各深度帯の優占種はそれぞれの漁期に應じて季節的に交代する。その移行期は1年に2～3回ある（各深度帯により異るが大體春と秋）。

4） 群衆組成は水深の大きい程單純である。

5） 等比級數法則の a, 即ち優占種と從屬種との優劣の傾斜は各生態區共年2回の周期的變動をするが、深度が大きい程 a の山が早期に現われる傾向がある。この變動と優占種の交代とは大體一致する。

6） 以上によつて漁期の變遷、漁獲組成の變化等が等比級數法則によつて解析されることが示された。

参　考　文　献

（1） 元村　勳（1932）：群衆の統計的取扱に就いて　動雜 44（528）
（2） 元村　勳（1935）：三崎諸機のケガキ群落　生態學研究　1（1）
（3） 元村　勳（1949）：動物群衆の個體數密度の等比級數法則に關する再考察　生理生態　1（2）
（4） 加藤陸奥雄・鳥海　哀（1948）：生態學研究　11
（5） 山本護太郎（1951）：陸奥灣産ホタテガイ移殖の生態學的研究　生態學研究　13（1）
（6） 山本護太郎（1951）：陸奥灣の底棲生物群衆　日水誌　16（10）
（7） 加藤陸奥雄（1935）：電灯に集る昆虫の統計的考察　生態學研究　13（1）
（8） 濱井　生三・大澤　啓治（1951）：豊橋市大池の秋季プランクトン　生態學研究　13（1）
（9） 德井　利雄（1951）：湖沼生產高の等比級數法則に就いて　日水會東北支部大會講演
（10） 吉原　友吉（1951）：生物群集の等比級數法則に就いて　日水誌　16（12）
（11） 東北水研八戸支所（1952）：東北水研海洋資源年報，底魚資源篇，昭和26年度.

東北海區に於ける底魚類の消化系と食性に就いて※
第3報　アブラガレイ

三　河　正　男

STUDIES ON THE DIGESTIVE SYSTEM AND FEEDING HABIT OF BOTTOM FISHES IN THE NORTH-EASTERN SEA AREA ALONG THE PACIFIC COAST OF JAPAN.
III. *ATHERESTHES EVERMANNI* JORDAN & STARKS

By
Masao MIKAWA

The digestive organs and feeding habit of *Atheresthes evermanni* J. & S. were studied on the materials collected by trawlers which operated in the north-eastern sea area of the Pacific coast of Japan from October, 1950 to September, 1953.

1) The mouth is very large, and its length reaches to about 1/7 of the body length. Both jaws are very stout. The upper and lower jaws on both sides bear numerous stout, recurved, conical teeth, which are sharp like canines. Among the teeth borne on both jaws there are hinged teeth directed inwardly. The U-shaped stomach is large and extremely expansible. The total length of the intestine is nearly 1/2 of the body length. The pyloric caeca are nearly as thick as the intestine and consist of four appendages.

2) The food consists of various fishes, *Euphausiacea*, *Macrura* and *Decapoda* (Mollusca). *Euphausiacea* is the main food of the young fishes, mainly eat various kinds of fishes and often swallow those nearly as long as their own bodies. The food constitution varies according to the year.

ま　え　が　き

アブラガレイ *Atheresthes evermanni* J.&S. は東北海區から北海道の太平洋岸で多く漁獲される深海性のカレイであり、近年になつて練製品や採油の原料として重要視され、この海域の底曳網に依つて漁獲されるカレイ類の中では最も主要な魚種である。

アブラガレイの食性に就いては、北海道水試室蘭支場（1929）の深海底曳漁業試驗、新谷（1948）の行つた噴火灣産の小型魚調査及び東北水研八戸支所の底魚資源年報（1950, 1951）等の報告に夫々簡單な記載が見られる丈けで、纒つた報告はない。

筆者は第1報（1952）でキチヂ、第2報（1953）でサメガレイ・ババガレイに就いて、消化器

※ 東北海區水產研究所業績　第48號

管の構造と餌料の種類を報告したが、それ等の調査と同じ様に、東北地方・北海道の太平洋岸で底曳網に依つて漁獲されたアブラガレイの消化系と食性を調査した。特にアブラガレイは鉛直的な分布範圍が廣く、然も體長（年令）に依りその棲息深度が異なるので、體長に依る餌料の相違に注意した。その結果をここに報告する。

本文の發表にあたつては、本所長木村喜之助博士に御校閲を戴き、八戸支所長濱井生三博士には懇切なる御指導を戴いた。又八戸支所笠原康平技官・丸山潔技官の諸氏には色々教えて戴く事が多かつた。ここに記して厚く御禮申し上げる。

材　料　と　方　法

1.　食性調査に用いたものは、1950年10月から1953年9月までの3ヶ年に亘つて、東北地方・北海道太平洋岸の5ヶ所の漁場で水深凡そ50mから900mに至る廣汎な海域で、機船底曳網に依つて漁獲されたもの總計5035尾を使用した。この年別・漁場別の調査尾數は第1表に示してある。この調査に取扱つた魚の體長範圍は10cmから83.8cmのものであり、通常の底曳網には10cm以下のアブラガレイの入網は殆ど無いので、10cm以下の幼魚は調べられなかつた。

第1表　調　査　尾　數

漁場 / 年月	襟裳	苫小牧	八戸	宮古	金華山	計
25.10～26.9	838	684	483	287	161	2453
26.10～27.9	649	426	346	151	35	1607
27.10～28.9	517	203	179	—	76	975
計	2004	1313	1008	438	272	5035

之等各個體の胃の内容物を摘出し、肉眼又は解剖顯微鏡で識別出來るものを調べ、消化が進んで種類の判定が困難なものは「不明瞭」として全く「空」のものと區別した。尙腸の内容物は總べて粘液狀に消化されているので調査より除外した。

2.　消化系の調査には1953年4月八戸沖合で採集されたもの20尾を使用し、漁獲直後ホルマリンで固定し、消化系各部を詳細に測定した。この測定には攝餌中のものは避け、總べて空胃魚體を用いた。又腸管の長さの測定に當つては、迂曲した腸管をほぐして直線に引延ばすことなく腸管を原型のままに保ちながらその中心線の長さを測り、胃の長さの場合も彎曲したままの中心線を測定した。

調　査　結　果

A.　消　化　系

消化系を測定した結果はこれを平均値として第2表に掲載する。

1.　第1圖に示す様に口裂は非常に大きく、體長の凡そ1/7に相當し、殆ど左右相稱であつて

第2表　消化器官測定表（平均値）

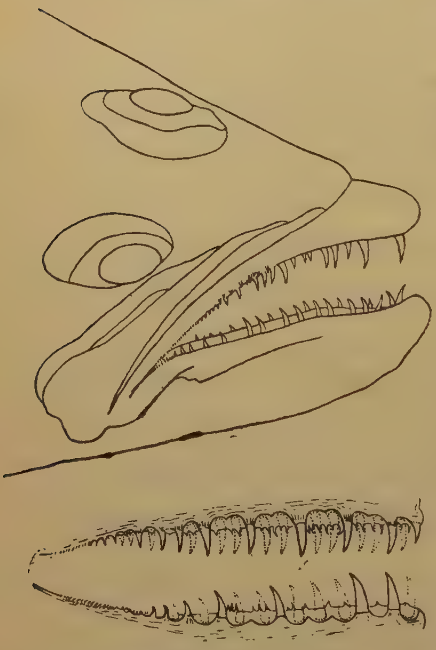
表中の單位　長＝mm　重＝g

體長		體重		性		口裂長				齒帶長			
						上顎		下顎		上顎		下顎	
				♂	♀	有眼側	無眼側	有眼側	無眼側	有眼側	無眼側	有眼側	無眼側
379		896		13	7	54	56	49	52	50	51	41	45

最大齒長		咽頭齒				鰓耙		食道		胃		粘膜皺	
		上側		下側									
有眼側	無眼側	數*	長	數	長	數	長	長	徑	長	徑	食道	胃
4.3	4.1	81·9·19	2.3	18	1.9	13	9.5	21	12	97	19	14條	12條

壁の厚さ		腸		幽門垂		肝臟		腹腔		膽嚢徑	食道始部～肛門の直線距離		
食道	胃	長	徑	數	長	長	重	長	巾				
1.2	1.4	200	8	4	50	64	17.9	65	66	17	55		

*　前•中•後の丘狀突起上の齒數をその順に示す



第1圖　口　器

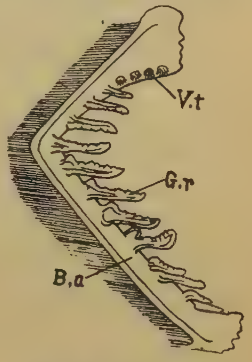
上圖　有眼側外觀
下圖　無眼側前上顎骨及齒骨の齒狀を示す
（點線は可動齒）

腹側に強く彎曲している。口唇は薄いが上顎•下顎は良く發達し、强い嚙力を持つている。顎齒は銳く尖つた犬齒狀で、前方のものは甚だ大きく後方のものは次第に小型となり何れも內側に彎曲している。之等の齒は第1圖の様に、顎骨に密着した不動の齒と、齒の根基の附着が蝶番狀で內側に丈け倒れる齒が混生している。この內側に倒れる齒の內側の皮膚は丁度齒の形に凹んでいて、殆どの魚體の可動齒はこの凹みに入つているのが見られる。この様なことから、この齒は不斷は內側に倒れていて餌に嚙みついた時丈け起きるものと思われる。いま、體長 57 cm のアブラガレイを例にとつて齒の長さと數をみると次ぎの様になる。即ち前上顎骨では長さが 5～8.2 mm の齒は 8～15 個，2.1～4.9 mm のものは 11～18 個，2 mm 以下の小齒は 43～48 個、又齒骨は 5～8.1 mm の も の が 11 個，2.1～4.9 mm が 33～43 個，2 mm 以下は凡そ 60 個を數える。そして各側の齒は前方で 2 列、後方に向い次第に不規則な 3 列から數列となつて密生し、何れも內側の齒は大きく外側のものは小さい。

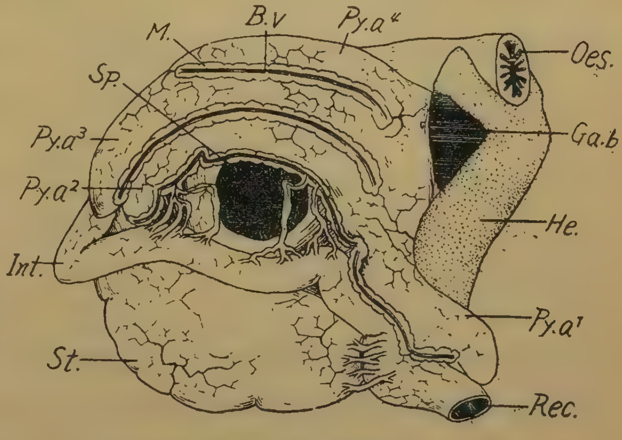
筆者が第2報で報告したサメガレイは、無眼側の口裂長は有眼側のそれより遙かに長く殆ど2倍であり、且つ顎齒も無眼側が發達し、又ババガレイの口器も無眼側の方が良く發達していた。之等のカレイ類の食餌は海底表面や砂泥中に棲息する活動性に乏しい生物であつて、アブラガレイの様に活動性に富んだ大型の生物を捕食するカレイでは、有眼側と無眼側の口器の差は殆ど見られない。

2.　咽頭齒は犬齒狀で上側では3對、下側では1對の丘狀突起の上に簇生し、その最も大型のものは顎齒の凡そ1/2に相當する。鰓耙は第2圖の様に粗雑であり、然も骨質狀の非常に強固なものであつて、何れも内側縁が不規則に凸出し、この部分は側扁して鋭利な鋸齒狀になつている。この鰓耙の他に各鰓弓の上方に數個の有刺粒狀物がある。サメガレイ・ババガレイの鰓耙は短少で軟かいものであつたが、ここにも明らかな違いが見られる。

3.　食道壁は厚く、凡そ14條の良く發達した粘膜皺が縱走する。胃は極めて大きく、體長の約1/4のものが第3圖の様に無眼側に偏在しU字形をしている。胃も厚壁であり、良く發達した粘膜皺(體長38cmの魚の粘膜皺隆起は3.5～4mm）12條が縱走する。この粘膜皺は割合簡單に消失するものらしく、小型の魚類を攝つた場合でもそれに接する部分の皺の隆起は痕跡的になつている事が多い。又アブラガレイの胃は甚だしく膨脹性に富み、後で述べる様に殆ど自分の體長と同體長の大型魚類を呑み込んでいる事が見られる。胃の中の餌が少量の時か、又は全く空の時は、粘膜皺は重なり合い、胃の收縮の爲彎曲した胃の外縁に著ぢるしい皺が出來て、この部分の壁は極めて厚くなる。噴門部は大であるのに反して幽門部はかなり小さく、胃の表面には血管が良く分布している。



第2圖　鰓　耙
G.r 鰓耙　B.a 鰓弓
V.t 有刺粒狀物



第3圖　消　化　管（有眼側より見る）
Oes. 食道　St. 胃　Int. 腸　Py.a ($a^1a^2a^3a^4$) 幽門垂
Rec. 直腸　He. 肝臟　Ga.b 膽囊　Sp. 脾臟　M. 腸間膜
B.V 血管

幽門垂は極めて太く、殆ど腸管と同じ位の太さのもの4本が、第3圖の様に1本は直腸部に他の3本は互に密着して上後方に伸びている。

腸の長さは、サメガレイ・ババガレイよりかなり短かく、體長の凡そ1/2である。この腸管は第3圖の様に3ヶ所で曲折し、胃が空の時は蛇行して胃を覆つているが、胃の中に餌が入ると胃

の壓迫の爲に上部に押し上げられてしまう。腸粘膜皺は第4圖の様に花辨狀であつて、サメガレイ・ババガレイ(之等のカレイ類は網目狀である)とは大いに異つている。又幽門垂や腸の表面にも血管が非常に良く分布している。肛門は產卵孔と相前後して臀鰭の前部に外開している。

第4圖　腸粘膜皺
矢印は腸軸方向を示す

消化管の全長は、サメガレイは食道始部から肛門までの直線距離の約8.4倍(體長の約1.3倍)、ババガレイでは同様食道〜肛門直線距離の約10.2倍(體長の約1.3倍)であつたが、アブラガレイは之等のカレイより短く約5.8倍(體長の約0.8倍)である。

4.　肝臟は比較的小さく、その重さは體重の凡そ1/50に相當する。この肝臟は前方の部分が僅かに食道・膽囊及び幽門垂の1部を覆つて有眼側に出ている丈けで、殆どの部分は無眼側に偏在し、消化管全體を無眼側から抱く様な形になつている。膽囊はかなり大きく幽門垂の前部・食道の下後部に位置し、大半は肝臟の中に埋もれている。尙輸膽管は第1幽門垂の基部から凡そ1/4の所に開口している。

B.　食　　餌

餌料生物の出現回數を百分率組成で示すと第3表の様になる。この表の様にアブラガレイの攝つている餌料種類は非常に多く、種名のわかつた魚類だけでも20種に達する。又空胃の魚體は甚だ多く、總尾數5035尾の中、2848尾(56.2%)に達している。

1.　餌料組成は第3表の様に魚類を攝つているものが最も多く32%，次いでEuphausiacea, Amphipoda 等の小型甲殼類が21%，Macrura は11%，イカ類が凡そ4.5%で、之等がアブラガレイの主な餌料となつている。

魚類の中ではキチヂを最も多く攝り、ハダカイワシ類(之は主にセンハダカ *Diaphus glandulifer*)、スケトウダラ等も多い。又ウケグチダラ・タラも少くはないが、消化が進んで種の不明瞭な魚類が非常に多い。尙同族のアブラガレイを捕食することは極めて稀で、この調査中僅かに2度あつた丈である。

Euphausiacea は、*E. pacifica*, *E.* sp, *Thysanoessa longipes*, *T.* sp を、Amphipoda は *Anonyx ampulloides*, *Spirontocaris spathulirostris*, *Themisto* sp. 等を攝つている。Macrura で多いのは *Pandalus borealis*, *Chlorotocella* sp. で、*Crago* sp. *Paraspirontocaris kishinouyei* もかなり多い。其の他稀に *Nauticaris futilirostris*, *Pandalus hypsinotus*, *Trachypenaeus curuirostris* を攝り、極く稀には深海性で眞紅色の *Hepomadus glacialis* も攝つているのが見られる。

イカ類ではミミイカ・ホタルイカが多く、スルメイカの攝食は割合見られない。

第3表　胃內容物組成表（空胃のものを除いた尾數に對する%）

調査尾數　5035　　　空胃數　2848

エビ類	Macrura 大型	7.98%
	小型	2.07
エビジヤコ類	*Crago*	1.76
オキアミ類	*Euphausia*	20.20
端脚類	Amphipoda	1.14
カニ類	Brachyura	0.13
ゴカイ類	Nereidae	0.39
ウロコムシ類	Polynoidae	0.09
クモヒトデ類	Zygophiurae	0.87
タコ類	Octopoda	0.62
ミミイカ ホタルイカ	*Euprymna morsei* *Watasenia scintillans*	1.28
スルメイカ	*Ommatostrephes sloani pacificus*	0.31
消化して種不明のイカ類		2.82
タラ	*Gadus macrocephalus*	0.88
スケトウダラ	*Theragra chalcogramma*	1.59
キチヂ	*Sebastolobus macrochir*	3.35
ハダカイワシ類	*Diaphus*	2.60
アブラガレイ	*Atheresthes euermanni*	0.09
ナメタガレイ	*Glypocephalus stelleri*	0.48
ババガレイ	*Microstomus stelleri*	0.04
メダマガレイ	*Dexistes rikuzenius*	0.04

消化して種不明のカレイ類		0.48%
コオリカジカ	*Icelus spiniger*	0.09
その他のカジカ類		0.57
マイワシ	*Sardinia melanosticta*	0.09
サバ	*Scomber japonicus*	0.04
ニギス	*Argentina semifasciata*	0.04
ニシン	*Clupea pallasii*	0.18
チゴダラ	*Physiculus japonicus*	0.04
ウケグチダラ	*Laemonema morosum*	0.97
ヒゲ	*Coelorhynchus japonicus*	0.09
トクビレ	*Podothecus sachi*	0.04
クロゲンゲ	*Furcimanus nakamurae*	0.13
シロゲンゲ	*Lycogramma zesta*	0.09
ホウライエソ	*Chauliodus emmelas* ?	0.48
ギンポ類	Blenniidae	0.04
消化して種類不明の魚		19.77
クラゲ類	Scyphozoa	0.04
ナマコ類	Holothurioidea	0.04
ウニ類	Regularia	0.04
砂泥		1.14
其の他		0.04
消化して不明瞭		26.35
口腔に逆出した胃		0.48

又アブラガレイの1個の胃中にある餌料種類は殆ど單一で、同時に2種類見られたものは胃中に食餌のあつたものの中2.9%, 3種類のものは僅かに0.2%に過ぎない。然も之等2,3種類見られたものは體長40cm未滿の未成熟魚であつて、それ以上の成熟魚の餌は總べて單一である。又第5表の樣に成長するに從つて空胃魚體が多く、食餌組成が異なつて來る。之等の事は小型魚は淺海に多く、大型になるに從つて次第に深海に移ることと、棲息水深によつて餌料となる生物の分布が異る爲であろう。

アブラガレイの胃の中にあつた魚類の中で確實に體長の測れたものを示すと第4表の樣になる。この他でも例えば消化されて頭部や脊椎骨だけ殘つている狀態で大型の魚類を攝つていたと思はれるものが澤山あつた。第4表の樣にアブラガレイの攝つている魚類は非常に大きく、殆ど自分の體長と同長のスケトウダラ・ウケグチダラ等を吞み込んでいる事が屢々あり（その1例を第5圖に示す)、胃の中に入りきれずに口外に尾鰭を出している事もあつた。（この時のスケトウダラは胃中にある頭部はかなり消化されていた）

アブラガレイが魚類を嚥下する場合、頭部よりするか尾部よりするかに就いて、胃の中にある魚の位置から見ると大體自分の體長の3/7以上の大型魚は頭より、それ以下の小型魚は頭・尾か

第 4 表　アブラガレイの體長と食われた魚の體長

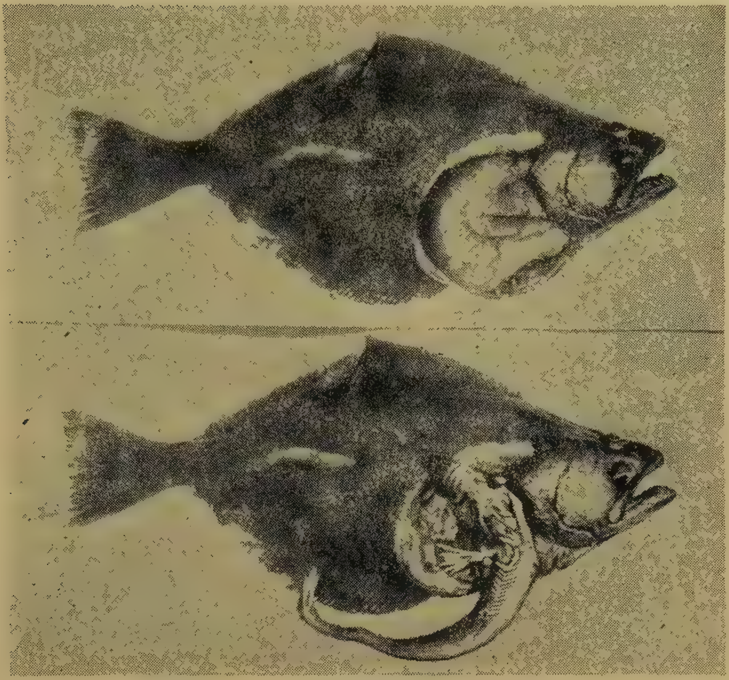
アブラガレイの體長	食はれた魚	食はれた魚の體長	アブラガレイの體長	食はれた魚	食はれた魚の體長	アブラガレイの體長	食はれた魚	食はれた魚の體長
cm		cm	cm		cm	cm		cm
29.4	キチヾ	9.8	27.0	キチヾ	7.7	62.1	タラ	29.0
16.5	スケトウダラ	10.0	35.5	メダマガレイ	12.0	57.9	スケトウダラ	40.5
33.1	キチヾ	8.7	35.7	キチヾ	6.5	25.1	キチヾ	7.0
30.2	〃	6.5	30.3	〃	9.0	26.0	〃	10.0
27.9	〃	6.0	31.2	〃	8.0	59.4	スケトウダラ	35.0
30.0	ハダカイワシ	12.0	38.2	〃	7.0	61.9	〃	25.0
31.4	キチヾ	7.6	30.7	〃	6.0	50.3	キチヾ	7.0
31.4	ハダカイワシ	6.2	25.6	〃	6.0	16.6	スケトウダラ	12.0
30.8	キチヾ	9.0	38.3	〃	8.0	40.5	キチヾ	7.5
40.0	〃	10.0	47.0	ヒゲダラ	25.0	35.6	〃	9.0
34.0	〃	14.0	46.8	スケトウダラ	41.0	22.5	〃	7.0
29.0	スケトウダラ	11.5	38.4	キチヾ	8.0(3尾)	24.2	〃	6.3
51.0	ウケグチダラ	44.3	65.0	スケトウダラ	55.0	44.5	シロゲンゲ	20.0
47.5	〃	36.4	25.4	タラ	11.0	63.0	シロゲンゲ	21.5
50.5	〃	38.7	26.0	〃	11.0	63.0	クロゲンゲ	30.0
51.0	〃	36.8	67.4	ウケグチダラ	25.0	22.5	キチヾ	7.5
49.5	〃	47.0	16.5	ババガレイ	3.0	25.0	アブラガレイ	11.0
41.7	〃	29.6	59.4	スケトウダラ	35.0	25.0	キチヾ	6.0
46.7	〃	45.4	61.9	〃	25.0	27.5	〃	6.0
45.3	〃	30.0	55.8	キチヾ	6.0	32.8	ギンポ	13.0
44.5	〃	37.0	48.8	〃	11.0	32.8	〃	13.0
46.0	〃	34.0	36.8	〃	9.0	34.5	〃	13.0
46.3	〃	30.0	23.7	スケトウダラ	13.0	38.5	〃	13.0
64.6	スケトウダラ	45.0	57.7	ヒゲダラ	35.0	28.6	〃	12.5
57.7	不明	30.0	25.5	スケトウダラ	13.0	29.8	キチヾ	8.0
63.5	スケトウダラ	50.0	27.1	〃	11.0	36.1	ハダカイワシ	6.8
26.6	〃	10.0	27.0	キチヾ	7.2	19.0	〃	4.9
29.5	ニシン	18.3	30.6	タラ	16.5	21.8	〃	6.5
13.0	キチヾ	6.5	21.8	キチヂ	8.0	67.2	スケトウダラ	53.4
18.0	スケトウダラ	11.0	21.9	タラ	11.0	32.9	タラ	22.2
63.2	〃	50.7	60.3	カジカ	31.5			

まわず呑み込む様である。

北海道水試室蘭支場のアブラガレイの調査は、38 cm 以上の大型魚を 38 尾調べてニシンの稚魚，スケトウダラ，タラその他の魚類を攝つている事を報告している。又新谷は噴火灣產のものを調べて、スケトウダラの稚魚（體長 6 cm 前後のもの)、エビ類（ボタンエビの幼形で1.5～2.0 cm）及び Amphipoda 等の小型動物を多く攝つている事を指摘しているが、之は取扱つた魚體が 8.9～21 cm の小型のものである爲であろう。

2.　次ぎに體長別の食餌組成を比較して見よう。此處では東北水研八戸支所* に従い、成熟體長

*　東北海區水產研究所海洋資源年報（1951）底魚資源篇



第5圖　スケトウダラを食つているアブラガレイ
1954年5月15日、北海道廣尾沖の水深250 m で底曳網によつて採集したもの
アブラガレイの體長 54.8 cm，食はれたスケトウダラの體長 41.2 cm
上圖は呑み込んだスケトウダラの爲に、極度に膨脹した胃を示し、下圖は胃を切開して出て來たスケトウダラ

を40 cm として、體長を10～24.9 cm，25～39.9 cm，40～59.9 cm, 60～79.9 cm と4區分した。先に述べた様にアブラガレイの主な餌料は魚類・Euphausiacea・Macrura 及びイカ類であるから、之等の種類を體長別に纏めて第5表に示す。第5表から明らかな傾向として次ぎの二つの事が云える。

その一は幼年魚で魚類を攝つているものは比較的少く、成長するに從つて多くなる事である。この攝られる魚の種類を體長別に見ると、幼魚の攝つているのは小型のキチヂ、ハダカイワシ、小型のスケトウダラ等で成長するに從つてハダカイワシは少く、ウケグチダラが多くなり、稍大型のキチヂ・スケトウダラが主體となる。60 cm 以上の老年魚になると、更に大型のスケトウダラを多く攝り、カジカ類・ウケグチダラ・ゲンゲ類を攝つているが、キチヂは全く見られない。又第4表に依つてアブラガレイの體長と、攝られた魚の體長の關係を圖示すると第6圖の様になる。即ち40 cm 未滿の未成熟魚は自分の體長の $\frac{1}{8}$～$\frac{1}{2}$ 位の魚類を多く攝り、40 cm 以上の成

第5表　年別・體長別食餌組成表
25年10月～26年9月

體長 cm	10.0～24.9	25.0～39.9	40.0～59.9	60.0～79.9
尾數	1404	612	327	110
空胃	722	343	257	87
魚類	21.4 %	57.4 %	74.6 %	60.9 %
Euphausiacea	21.3	4.9	0	0
Macrura	15.5	12.7	1.4	0
イカ類	2.8	4.5	2.8	17.4
その他	39.0	23.2	21.2	21.7

26年10月～27年9月

體　　長 cm	10.0～24.9	25.0～39.9	40.0～59.9	60.0～79.9
尾　　數	1013	341	237	16
空　　胃	560	179	158	5
魚　　類	23.6 %	32.4 %	59.3 %	100.0 %
Euphausiacea	32.2	17.4	0	0
Macrura	5.1	21.7	3.3	0
イ　カ　類	2.8	9.1	2.2	0
そ　の　他	36.3	19.4	35.2	0

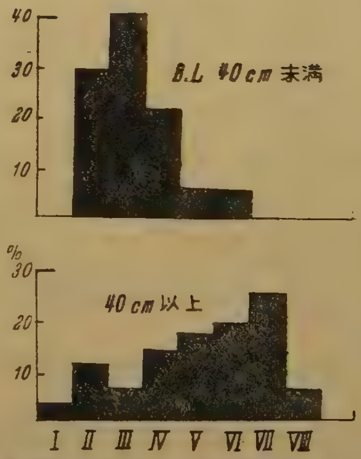
27年10月～28年9月

體　　長 cm	10.0～24.9	25.0～39.9	40.0～59.9	60.0～79.9
尾　　數	447	198	312	18
空　　胃	180	92	252	13
魚　　類	16.4 %	48.0 %	58.3 %	60.0 %
Euphausiacea	48.7	14.4	1.7	0
Macrura	12.4	8.8	5.0	0
イ　カ　類	6.0	7.2	1.7	0
そ　の　他	16.5	21.6	33.3	40.0

熟魚になると $\frac{1}{2}$ 以上の大型魚類を捕る事が多くなつている。

その二は幼年魚が多く攝り成長と共に少くなる Euphausiacea, Amphipoda 等の小甲殻類である。これは後で述べる様に年に依る差異はあるが、25 cm 未滿の幼年魚では魚類以上に主要な餌料となつている。Macrura も同じ様に幼年魚が多く攝り成長と共に次第に少くなつて、60cm 以上の老年魚は全く攝つていない。

この様に體長に依る餌料の差異が著しく、特に10～25cm の幼年魚は 40 cm 以上の成熟魚と明らかにその組成が違つているが、これは先に述べた様に體長に依つて棲息水深が大いに違つているからであろう。例えば 25cm 未滿の幼年魚は 150 m 位までの水深に多く、成熟魚の主な棲息水深は 500～700 m である。又胃の内容物重量を體長別に見ると第 6 表の様に、成長と共にその量も増え特に主食が Euphausiacea から魚類に移る體長（30 cm 前後）で急激に多く



第6圖 アブラガレイの體長と食われた魚の體長(食はれた魚の體長/アブラガレイの體長)

I=～$\frac{1}{8}$, II=$\frac{1}{8}$～$\frac{2}{8}$, III=$\frac{2}{8}$～$\frac{3}{8}$, IV=$\frac{3}{8}$～$\frac{4}{8}$, V=$\frac{4}{8}$～$\frac{5}{8}$, VI=$\frac{5}{8}$～$\frac{6}{8}$, VII=$\frac{6}{8}$～$\frac{7}{8}$, VIII=$\frac{7}{8}$～

第6表　體長別胃内容物重量表

體長範圍 cm	平均重量 g
10.0～19.9	2.4
20.0～29.9	5.2
30.0～39.9	35.3
40.0～49.9	102.0
50.0～59.9	303.3
60.0 以上	322.7

なる。尚此の重量は 0.5 mm 目合の布地をもつて、2 時間水分を除いた後に測定したものである。

3.　食餌内容の年度に依る違いを見ると、第5表の様に Euphausiacea を攝る魚が年々増加している。即ち體長 10～24.9 cmの魚では 26 年度は Euphausiacea は魚類と同程度に攝られているが、27 年度には魚類より多く、28 年度には更に多くなつて魚類の3倍位になつている。又體長 25～39.9 cm のアブラガレイは、27年度には 26 年度の約 3.5 倍、28 年度には 27 年度より幾分少いが 26 年度の凡そ 3 倍の Euphausiacea を攝つている。他の餌料についても多少の變動が認められる。

4.　食餌の組成を漁場別に見ると、あまりはつきりした差異は認められないが、*Crago* は殆ど八戸漁場のものに丈け見られること、タラは宮古漁場，ハダカイワシは金華山，ウケグチダラは襟裳漁場のものに多いこと等が云える。これは餌料動物の地理的分布に關係するものであろう。

時期別の餌料組成も殆ど變りはなく、イカ類を攝るものが 1 月～3 月頃に多い丈けである。尙索餌期に就いては後で報告したい。

摘　　要

この報告は東北海區産のカレイ類の中、アブラガレイに就いて食性と消化系を調査したものである。

1)　消　化　系

口裂は甚だ大きく、顎骨は良く發達し、齒は大型で鋭い犬齒狀であり、顎骨に密着した不動の齒と内側に倒れる可動齒が混生している。鰓耙は粗雜で强固であり、胃は大きくU字形をなし極度の膨張性に富んでいる。腸は體長の凡そ 1/2 に當り、幽門垂はかなり太いものが4個あり、消化管の表面には血管が良く分布している。

2)　食　　餌

主な餌料は魚類・Euphausiacea・Macrura 及びイカ類である。餌料魚類の中ではキチヂが最も多く、ハダカイワシ・スケトウダラ等も多い。又本種は非常に大型の魚類を捕食し、自分の體長と殆ど同長のものを呑み込んでいるのが見られた。幼年魚の餌料は Euphausiacea・魚類・Macrura 等が主體であり、成長するに從つて Euphausiacea は少くなり、魚類が多くなる。そして體長 60 cm 以上の老年魚では魚類だけの單一な内容となつている。之は體長の增加と共に分布深度が深くなる爲であろう。又年度によつても食餌の變動が見られる。

参　考　文　献

北海道水試室蘭支場（1929）：深海底曳網漁業試驗報告

末廣　恭雄（1934）：「北太平洋に產ずる重要魚族の消化系と食餌に就いて」第2報　コウリモチガレイ・

ウマガレイ　日水誌　第3巻　第2號
大瀧圭之介（1897）：本邦產平目族の査定　水產調査所報告　第6巻　第1册
疋田　豊次（1934）北日本產鰈類　北大水產專門部　水產研究彙報　第4巻
新谷　久男（1948）：夏季（6月・7月）に於ける噴火灣產カレイの食性とアブラガレイの成長度　北水試月報　第5巻　第6號
山本　孝治（1949）：底魚の食性に關する研究　第1報　カレイの食性に就いて　日水誌　第15巻　第5號
元田　茂・森山　祐郎（1951）：底魚類の食餌組成並に大型底棲動物調査（昭和25年度及26年度）北部日本海深海魚田調査報告　第3報
東北水研八戸支所（1950）：底曳網漁業調査年報　第2號
東北水研八戸支所（1951）：海洋資源年報 1951年度　底魚資源篇
三河　正男（1952）：東北海區に於ける底魚類の消化系と食性に就いて　第1報 キチヂ 東北水研研究報告　第1號
三河　正男（1953）：東北海區に於ける底魚類の消化系と食性に就いて　第2報 サメガレイ・ババガレイ　東北水研研究報告　第2號

アブラガレイの年令査定に就いて※

笠　原　康　平

A STUDY ON THE AGE OF *ATHERESTHES EVERMANNI*

By

Kohei KASAHARA

The relation between the age and the number of rings on the vertebral centrum and the otolith in *Atheresthes evermanni* which was collected by small trawl-nets off the coast of Cape Erimo and Tomakomai in Hokkaido from November, 1953 to May, 1954, was examined.

(1) The relation between the body length and the radius of the centrum and the otolith can be represented by a straight line as follows:

for the centrum $l=4.26r+24.34$

for the otolith $l=3.85r-38.32$

where l represents the body length in mm and r the radius of the ring in 1/23 mm unit.

(2) The body lengths calculated by the above formula from the mean redius of the rings on the centra are almost equal to those measured actually in April and May, therefore the rings on the centrum may be marked in April and May.

(3) The body lengths calculated from the above formula for the otolith coincide with those calculated from the centrum up to the eighth ring.

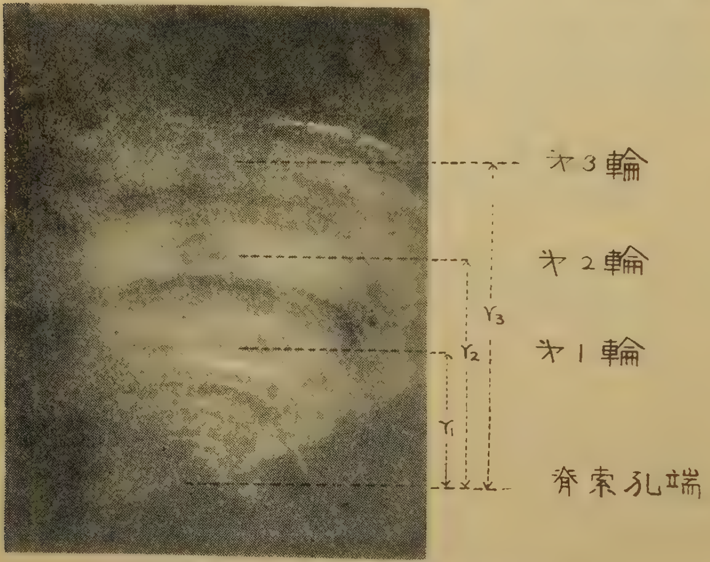
アブラガレイ（*Atheresthes evermanni* JORDAN & SCHLEGEL）は北海道・東北の太平洋岸に於ける底曳漁業の主要漁獲對象の1つとなつており、之が資源學的調査は當海區に於ける緊急の課題となつている。所がその基礎ともなる可き本種の年令査定に就いては、石田等の耳石による査定結果[1]と甲の脊椎骨椎體による査定結果[2]とにかなり喰い違いが見られ、調査を實施する上に1つの障碍ともなつていた。其處で新しい資料に基いて再檢討を加えた結果、本種の年令に就いて一應の見通しが得られたので報告する。

調　査　方　法

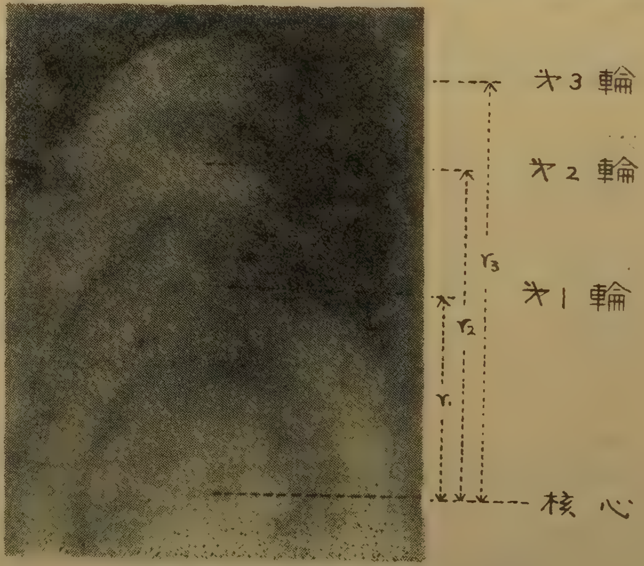
供試材料は1953年11月から'54年5月までの間、北海道太平洋岸の襟裳・苫小牧沖合漁場で底曳網により採集されたものを用いた。年令査定は椎體と耳石により行つた。先ず椎體に就いて述べると、頭骨から10～15番目のもの數個を採集し、そのまま乾燥させたものに就いてその表面

※東北海區水産研究所業績　第49號

を觀察すると、脊索孔を中心に巾の廣い不透明帶、次にやや巾の狭い透明帶があり、更にその外側を巾の廣い不透明帶が圍んでいる。此の不透明帶を第1輪とし、外側に向つて不透明帶と認められる部分を順次第2輪，第3輪....とした。又脊索孔端から神經棘の方向に、椎體の縁邊までの距離を椎體半徑、第1輪中央部までの距離を第1輪半徑、第2輪中央部までの距離を第2輪半徑....として、椎體半徑及び各輪半徑を測定した（第1圖参照）。耳石は石田等と同様の方法で査定した。即ち無眼側の耳石を採集し、10～20%の鹽酸で處理した後その表面を觀察すると、半透明の核を中心に、その周圍に巾の廣い不透明帶、次にやや巾の狭い透明帶があり、更にその外側を巾の廣い不透明帶が圍んでいる。此の不透明帶を第1輪とし、以下その外側に向つて順次不透明帶と認められる部分を第2輪・第3輪....とした。又核心から尖つた頭の方向に耳石の縁邊までの距離を耳石半徑、第1輪中央部までの距離を第1輪半徑、第2輪中央部までの距離を第2輪半徑....として、耳石半徑及び各輪半徑を測定した（第2圖参照）。椎體・耳石ともに不透明帶は第2輪までは比較的明瞭に認められるが、第3輪以上になると不透明部の巾が狭く切れ切れとなつて不明瞭なもの、或いは巾廣く明瞭なもの等、個體によつてまちまちとなり、輪紋を判定する上にかなり困難を感ずるので、此處では一應その巾の大小とか、明瞭・不明



第1圖　椎　體　表　面（體長224 mm ♀）
r^i：第i輪半徑　×16



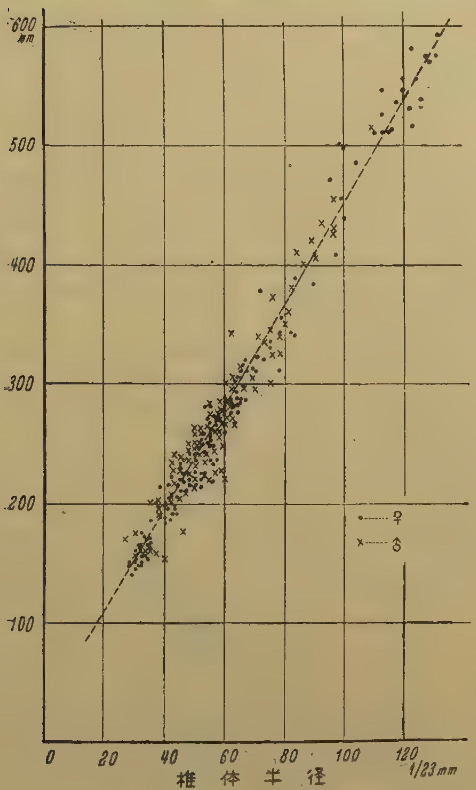
第2圖　耳　石　表　面（體長224 mm ♀）
r_i：第i輪半徑　×16

瞭を顧慮する事なく、不透明帯と認められるものは細大洩らさず測定する事とした。

調査結果及び考察

1） 椎體による結果

椎體半徑を縦軸に、體長を横軸にとつて雌雄別に作圖すると第3圖に示す通り、plot された點は略々直線状に並ぶ。即ち椎體半徑と體長との間には比例的關係があり、而も雌雄はよく重なり合つて殆んど同一の傾向を見せている。此の關係式を先ず雌雄別に求めると次の通りとなる。



第3圖 椎體半徑と體長との關係

♀ $l=4.30\,r+21.31$

♂ $l=4.18\,r+29.51$

但し l....體長（mm）

r....椎體半徑（1/23 mm）

雌雄の l に對する r の回歸係數の相違を t-分布を用いて檢定すると、90％以上の信頼度で一致する事が確められた。即ち性別による相違はないものと考えられるので、雌雄を含めて1つの關係式を求めると次の通りとなる。

$l=4.26\,r+24.34$............(1)

次に各輪半徑の平均値及び不偏分散を求めると第1表の通りとなる。此の表に基き r_2-r_1, r_3-r_2....(r_i は第 i 輪半徑平均値)の如く隣り合つた各輪半徑平均値間の差に就いて、F-分布を用いて檢定すると第2表の様に、雌では第12輪まで、雄では第9輪まで夫々1％の危險率で有意な差を認める事が出來た。之から椎體の成長がどの個體でも一樣であるとすれば、此の輪紋は1年の中の或る定まつた時期に形成されたものと考えてよい。雌の第13輪以上及び雄の第10輪以上では、隣り合つた輪半徑平均値相互間に有意な差を認める事が出來なかつたかが、之は資料が少かつた事と共に、高年魚になつて年間の成長量が極めて僅かになつた事にも起因する。

第1表の各輪半徑平均値を（1）式に代入し、各輪紋が形成された時の計算體長を求めると第3表の通りとなる。更に資料の比較的多かつた6輪群までに就いて、輪群別・雌雄別及び採集時期別にその實測體長平均値を求めると第4表の様に、各輪群共に4月・5月の値が第3表の各輪紋形成時の計算體長と略々一致している。又椎體の縁邊が透明帯で終つている標本の出現頻度を、

第1表　椎體輪半徑平均値

（單位は 1/23mm）

	性	尾數	輪半徑平均値	不偏分散
r_1	♀	203	20.58	0.05
	♂	162	18.47	0.06
r_2	♀	167	34.85	0.08
	♂	152	33.92	0.11
r_3	♀	128	45.48	0.16
	♂	125	45.30	0.20
r_4	♀	83	56.35	0.36
	♂	62	55.12	1.02
r_5	♀	40	67.20	0.85
	♂	22	64.73	2.29
r_6	♀	22	75.23	1.80
	♂	15	72.13	2.83
r_7	♀	18	83.06	1.88
	♂	9	80.00	2.05
r_8	♀	16	90.50	2.15
	♂	6	85.33	1.69
r_9	♀	16	98.04	2.69
	♂	4	91.00	1.33
r_{10}	♀	12	106.00	3.27
	♂	2	97.00	36.00
r_{11}	♀	10	112.90	2.83
	♂	1	103.00	0
r_{12}	♀	7	118.57	2.16
	♂	—	—	—
r_{13}	♀	3	124.00	1.56
	♂	—	—	—

第2表　椎體輪半徑平均値の差の檢定（$\alpha=0.01$）

	♂		♀	
	F_0	F	F_0	F
r_2-r_1	315,212.50	6.81	215,563.63	6.81
r_3-r_2	89,650.00	6.81	80,675.00	6.84
r_4-r_3	26,975.00	6.84	5,861.43	7.08
r_5-r_4	5,388.23	6.96	887.20	8.02
r_6-r_5	730.00	7.35	290.24	8.86
r_7-r_6	587.01	8.40	271.93	12.25
r_8-r_7	411.90	8.63	100.86	16.26
r_9-r_8	374.96	8.63	96.69	34.12
$r_{10}-r_9$	200.73	9.65	2.00	40.52
$r_{11}-r_{10}$	165.09	10.56	—	—
$r_{12}-r_{11}$	104.19	13.74	—	—
$r_{13}-r_{12}$	56.69	98.49	—	—

第3表　椎體による計算體長

（mm）

輪	♀	♂
1	112.01	107.28
2	172.80	168.84
3	218.08	217.32
4	264.39	259.15
5	310.61	300.09
6	344.82	331.61
7	378.18	365.14
8	409.87	387.85
9	441.99	412.00
10	475.90	437.16
11	505.29	463.12
12	529.45	—
13	552.58	—

採集時期別に求めると第5表の様に、12月～2月を最高として、4月以降急激に減少している。之から透明帶は12月・1月頃形成し終り、3月頃になつて不透明帶がその周圍に現われ始め、4月頃大部分の個體にはつきり不透明帶と認められる輪紋が形成されるものと考える。從つて若し此の輪紋が1年に1箇出來る年輪であるとすれば、同一輪群でも2月・3月の標本と4月・5月の標本ではその年令に約1年の開きを持つ。即ち i 輪群の2月・3月の平均體長は1ヶ月後に $i+1$ 輪群の4月・5月の平均體長に連なる。其處で第4表に基き、縱軸に體長を、橫軸に採集時期をとつて6輪群までの成長曲線を雌雄別に作圖すると、第4圖の様に大體無理のない曲線が得られる。

第4表　採集時期別・輪群別實測體長平均値

（mm）

性別		♀		♂	
輪	月	n	$\bar{l}$	n	$\bar{l}$
1	11.12	23	156.43	10	154.28
	2.3	12	158.67	—	—
	4.5	—	—	—	—
2	11.12	18	204.56	9	197.67
	2.3	14	208.21	10	202.82
	4.5	7	167.00	8	161.70
3	11.12	12	248.75	6	241.33
	2.3	9	252.88	20	249.90
	4.5	24	226 88	37	211.81
4	11.12	6	284.00	7	281.71
	2.3	6	290.83	7	285.29
	4.5	31	263.33	26	258.04
5	11.12	3	335.67	4	323.75
	2.3	3	341.50	3	330.67
	4.5	12	303.08	—	—
6	11.12	—	—	1	372.00
	2.3	2	396.00	2	390.00
	4.5	2	347.00	3	334.67

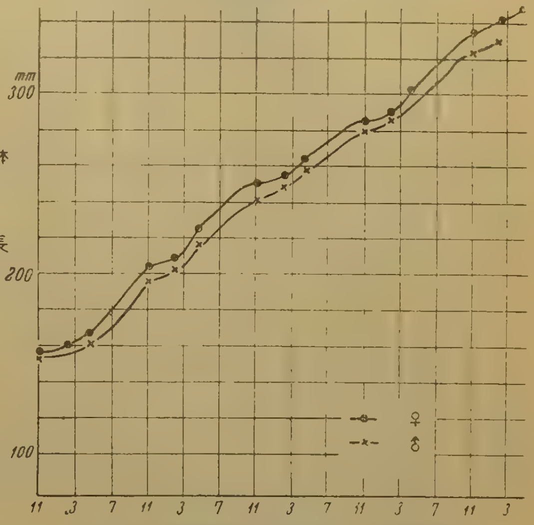
n……調査尾數

l……實測體長平均値

第5表　椎體緣邊に於ける透明帶出現頻度

月	n	n'	p	g
11	32	22	69 %	52～80 %
12	54	41	76	66～88
1	—	—	—	—
2	64	50	78	77～89
3	43	23	54	41～71
4	13	2	15	2～46
5	149	4	3	1～9

n……調査尾數
n'……緣邊に透明帶の現はれているものの尾數
p……　〃　　〃　　百分率
g……同上百分率の信頼區間（$\alpha=0.05$）



第4圖　實測體長より推定した成長曲線

以上から筆者の測定した不透明帶は4月・5月頃形成される年輪と見る事が出來る。從つて第3表に示す計算體長は夫々の輪數を年令とする輪紋形成時の平均體長を示す事になり、又その間隔は1年間の成長量となる。

2）耳石による結果

耳石に就いて椎體の場合と同樣耳石半徑を縱軸に、體長を橫軸にとつて雌雄別に作圖すると、第5圖に示す通り、plot された點は概ね直線狀に並び、耳石半徑と體長との間に比例的關係がある事を示している。先ず雌雄別に此の關係式を求めると次の樣になる。

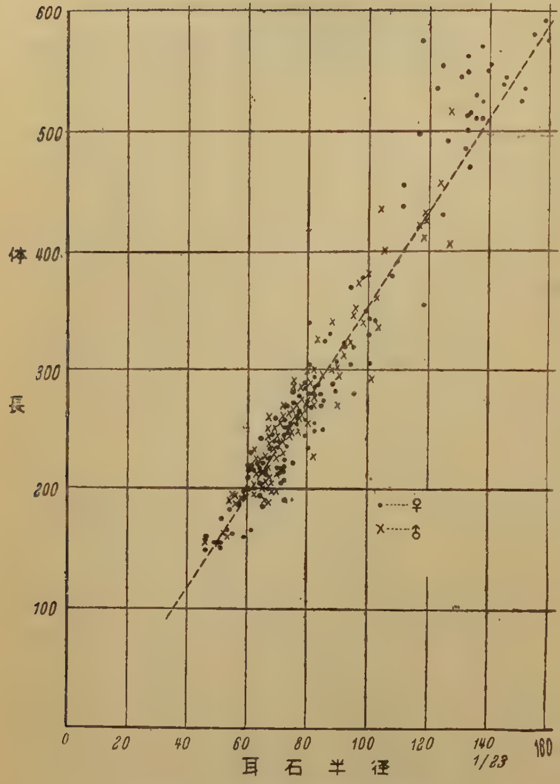
♀　$l=4.09r-50.99$

♂　$l=3.79r-27.62$

但し　l……體長（mm）

r……耳石半徑（1/23 mm）

雌雄の點はよく重り合い殆んど同一の傾向と見る事が出來るので、t-分布を用いて l に對する r



第5圖　耳石半徑と體長との關係

第6表　耳石輪半徑平均値
（單位は 1/23mm）

	性	尾　數	輪半徑平均値	不偏分散
r_1	♀	202	35.07	0.09
	♂	162	34.57	0.11
r_2	♀	167	54.12	0.18
	♂	152	53.28	0.16
r_3	♀	128	66.84	0.27
	♂	125	65.56	0.28
r_4	♀	83	77.86	0.47
	♂	62	76.50	0.80
r_5	♀	40	89.00	1.08
	♂	22	88.39	3.66
r_6	♀	22	99.41	1.50
	♂	15	95.93	6.31
r_7	♀	18	107 93	2.32
	♂	9	102.88	12.83
r_8	♀	16	114.78	3.17
	♂	6	109.50	8.12
r_9	♀	16	120.93	3.32
	♂	4	114.50	11.17
r_{10}	♀	12	126.00	4.38
	♂	2	119.00	4.00
r_{11}	♀	10	130.86	5.54
	♂	1	122.00	0
r_{12}	♀	7	133.94	6.09
	♂	—	—	—
r_{13}	♀	3	136.88	26.25
	♂	—	—	—

の係數の雌雄による相違を檢定すると、90％以上の信賴度で一致する事が確められた。故に雌雄を含めて1つの實驗式を求めると次の様になる。

$$l = 3.85\,r - 38.32 \qquad \text{(2)}$$

次に耳石の各輪半徑平均値及び不偏分散を第6表に掲げる。此の表に基き、r_2-r_1, r_3-r_2....の様に隣り合つた輪半徑平均値相互間の差の檢定を試みると第7表の様に、雌では第12輪まで、雄では第8輪まで夫々1％の危險率で有意な差が認められた。之から椎體の場合と同様に此の輪紋は1年の中或る一定の時期に形成されたものと考える事が出來る。

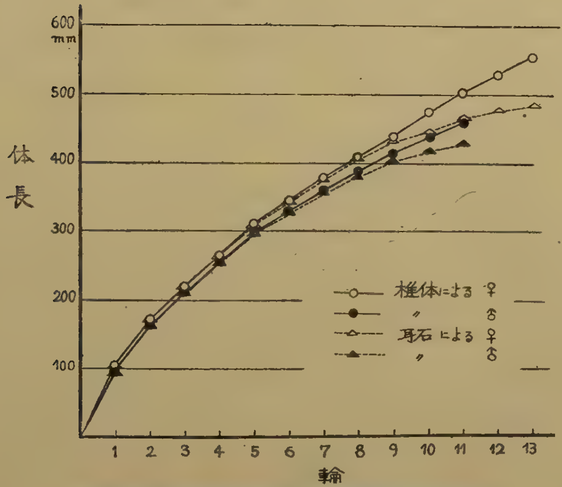
第6表の各輪半徑平均値を（2）式に代入して、各輪紋が形成された時の體長を求めると第8表の様になる。先に求めた椎體の輪紋形成時の體長と比較すると第6圖に示す通り、雌雄共に第8輪までは夫々兩者の値が略々一致している。從つて第8輪までは椎體・耳石共にその輪紋は夫々同一の時期に形成されたと見てよい。第8輪以上から椎體による計算體長と耳石によるそれとの

第7表　耳石輪半徑平均値の差の検定（$\alpha=0.01$）

	♀		♂	
	F_0	F	F_0	F
r_2-r_1	336,692.89	6.81	325,997.19	6.81
r_3-r_2	79,700.70	6.81	64,627.89	6.84
r_4-r_3	24,335.94	6.84	9,873.90	7.03
r_5-r_4	5,745.35	6.96	888.40	8.02
r_6-r_5	2,456.35	7.35	126.14	8 86
r_7-r_6	913.78	8.40	30.12	12.25
r_8-r_7	399.66	8.63	32.38	16.26
r_9-r_8	307.59	8.63	8.99	34.12
$r_{10}-r_9$	140.73	9.65	10.12	40.52
$r_{11}-r_{10}$	93.79	10.56	—	—
$r_{12}-r_{11}$	26.49	13.74	—	—
$r_{13}-r_{12}$	2.25	98.49	—	—

第8表　耳石による計算體長（mm）

輪	♀	♂
1	96.70	95.87
2	170.05	166.81
3	219.01	214. 8
4	261.39	256.21
5	304.33	301.98
6	344.41	331.01
7	377.21	357.77
8	403.58	383.25
9	427.26	402.50
10	446.78	419.83
11	465.49	431.38
12	477.35	—
13	488.67	—



第6圖　椎體と耳石による計算體長の相違

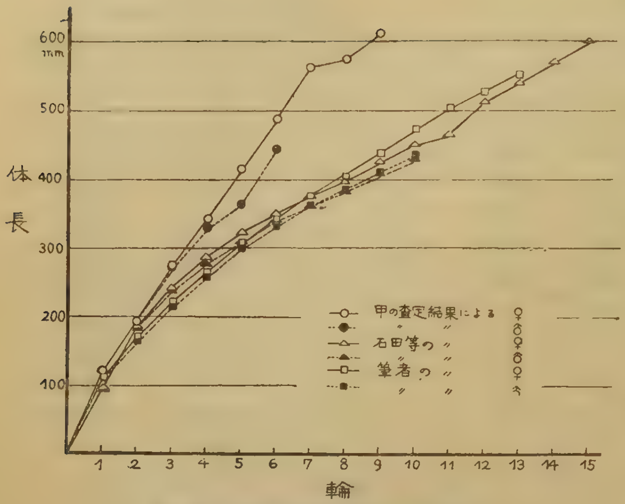
間に次第に差が生じ、雌の第13輪では約3ヶ年の開きを生じている。之は耳石の場合、その半徑と體長との關係を直線で表わし得るものとし、一次式を與えた事に起因する。即ち第5圖によると、雌雄共に plot された點は體長 450mm位からやや上方にそれる傾向を示している。從つて此の傾向を表わすには直線は不適當で此の場合は寧ろ指數曲線で表わすのが妥當と考えるが、此の點に就いては今後更に資料を集めて検討を加えたい。

3）既往の査定結果との比較

筆者が求めた椎體の輪紋形成時の體長を、先に報告された石田等及び甲の結果と比較すると、第7圖に示す様に、概ね石田等の結果と一致する。甲の結果とは第2輪まで略々一致するが、それ以上になるとかなり大きな開きを生じて來る。之は甲が輪紋を測定するに當つて、明瞭なもののみを測定し不明瞭なものを除外した事によるものと考える。

4）椎體と耳石の輪紋に於ける相違

椎體と耳石に就いて同一個體に於ける兩者の輪數を比較すると、6輪以下のものでは全部一致しているが、7輪で2％，8輪で18％，9輪以上で52％の不一致を見た。而も此の差は何れも椎體の方が1,2輪少くなつている。先に述べた通り輪紋形成の時期は兩者略々一致していると見ら



第7圖　既往の査定結果との比較

れるから、此の相違は椎體の輪紋が高年魚になるに從つて明瞭を缺き、其の爲に見落しが現われたものと考える（尚測定に當つては椎體と耳石の輪數不一致のものは除外した）。又測定不能のものは椎體で8.5％、耳石で1.2％（何れも7輪以上）となつている。從つて査定の上での難易を比較すると、若年魚にあつては兩者共略々同一であるが、高年魚では耳石の方が容易と云い得よう。然し兩者の各輪半徑平均値の分散を第1表及び第6表に就いて比較すると、一般に耳石の方が椎體より大きくなつている。即ち輪紋形成の位置は耳石より椎體の方が安定しており、從つて求めた輪紋形成時の計算體長は耳石より椎體の方が信賴度が高い事になる。

摘　　　要

アブラガレイの椎體及び耳石の表面に現われた不透明帶を測定して次の結果を得た。

1）　縱軸に體長を、橫軸に椎體半徑及び耳石半徑をとつて作圖すると、plot された點は略々直線狀になるので、兩者の關係は1次式で示し得るとし、次の關係式を得た。

椎體　$l = 4.26r + 24.34$ ....(1)

耳石　$l = 3.85r - 38.32$ ....(2)

但し　l....體長（mm）

r....椎體又は耳石半徑（1/23 mm）

2）　椎體の場合各輪半徑平均値を（1）式に代入して得た輪紋形成時の計算體長と、4月・5月頃採集された同一輪群の實測體長とは略々一致する。從つて此の輪紋は4月・5月頃形成された年輪と見る事が出來る。

3）　耳石の場合各輪半徑平均値を（2）式に代入して得た輪紋形成時の計算體長が椎體の場合と第8輪まで略々一致する。之から耳石の輪紋と椎體のそれは概ね同一時期に形成されたものと見る事が出來る。第8輪以上から次第に差を生じて來るが、之は耳石半徑と體長との關係を1次式で示し得るとした事に無理があつたので、此の場合は寧ろ指數曲線で示すのが妥當と考える。

4）　同一個體に於ける椎體と耳石の輪紋數は、6輪以下のものでは全部一致しているが、7輪で2％，8輪で18％，9輪以上で52％の不一致を見た。而も此の差は何れも椎體の方が1・2輪

少くなつている。之は椎體の輪紋が高年魚になるに從つて明瞭を缺き、見落しが現われたものと考える。

終りに御指導並びに報文の御校閲を賜つた本所長木村喜之助博士及び八戸支所長濱井生三博士に、又寫眞撮影に協力を與えられた橋本良平技官に厚く感謝の意を表する。

参　考　文　献

(1) 石田，北片，石垣 (1950)：北海道産カレイ類の年令に關する研究　第1報　アブラガレイ　北海道水產試驗場研究報告　第7號

(2) 甲　二郎 (1952)：東北海區產アブラガレイに就いて　第1報　年令査定の基礎的研究　東北海區水產研究所　研究報告　No. 1

ヤナギムシガレイの年令に關する基礎的研究※

橋　本　良　平

STUDIES ON THE AGE OF *TANAKIUS KITAHARAE* (JORDAN & STARKS)

By

Ryohei HASHIMOTO

The relation between the age and the number of rings on the otolith and the vertebral centrum in *Tanakius Kitaharae* J. & S. was examined. This fish is caught in abundance by a small trawl-net off the coast of Honsyū Japan. The materials were collected at the Onahama Fish Market in Hukusima Prefecture and from the catches by the research shipe off Kinkasan in Miyagi Prefecture from October, 1952 to January, 1953. The results ars follows:

1) The relations between the body length and the radius of the otolith and the centrum are expressed by the following formulae:

$$l = 82.4r + 33.3$$

$$l = 77.3r' + 17.4$$

where l represents the body length (mm), r the radius of the centrum (mm), and r' the radius of the otolith (mm).

2) The ring of the otolith which radius is measured is the innermost limit of a transparent zone or the outermost limit of a dark one, that seems to be formed during autumn to winter.

3) There is a tendency of the otolith having one more ring than the centrum in the same individual of the group having two or three rings on the centrum, but this appears to be due to the lag of time of the ring-formation on the centrum than on the otolith.

本種は南日本系の魚類で、その分布は太平洋岸では尻矢崎を北限とし、南は臺湾まで分布している[1]。そのため金華山以北には漁獲は少ないが、小名濱以南では底曳網漁業の重要な魚類となつている。筆者は東北海區に於ける底魚資源調査の一部として、本種の年令査定を脊椎骨及び耳石を用いて試みた結果、年令に就いて大凡の見通しが得られたので、以下に報告する。

尙本研究に際し御指導を賜つた笠原技官に、亦材料の蒐集に御協力下さつた福島縣水產試驗場緒形技師及び場員の諸氏に對して厚く感謝する。

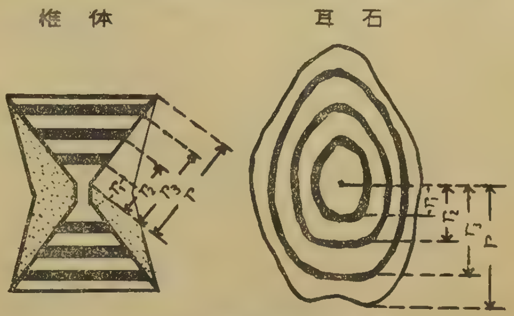
※東北海區水產研究所業績　第50號

材料及び観察方法

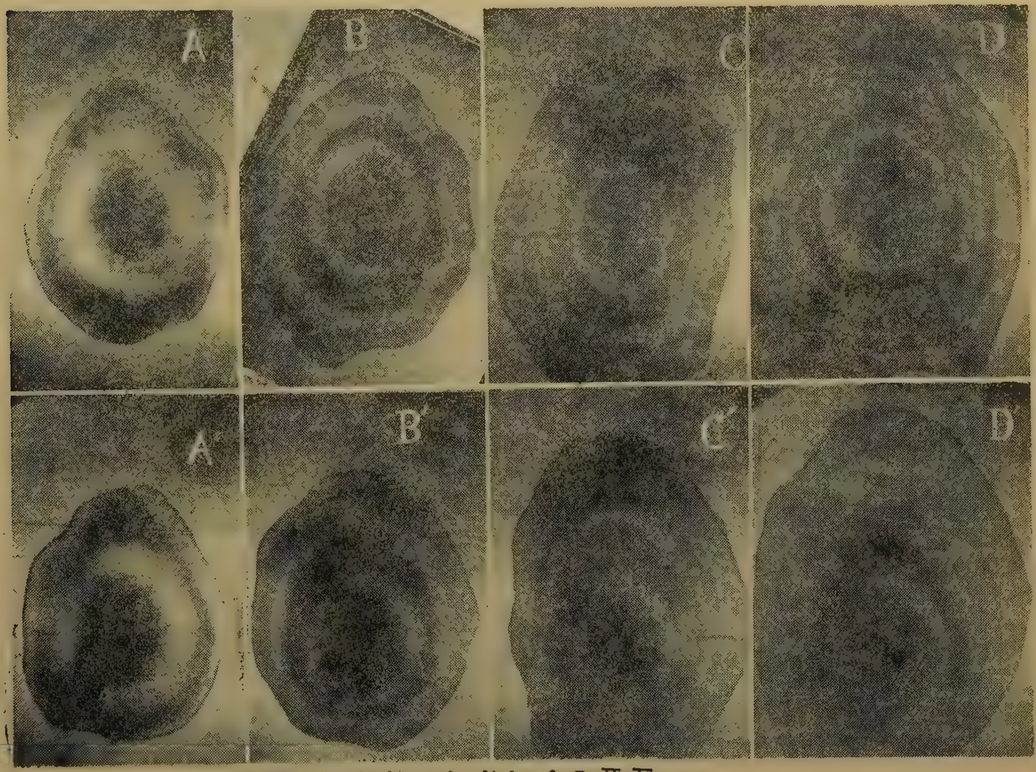
測定した材料の數は第１表の通りである。小名濱沖合の材料は底曳船により小名濱魚市場に陸揚げされたものの一部から、金華山沖合のものは調査船で底曳網により漁獲したものから、夫々 random sampling で得たものである。脊椎骨の處理及び觀察方法は前に報告したナメタガレイ

第１表　測定標本數

月	脊椎骨		耳石	
	小名濱	金華山	小名濱	金華山
10	—	—	22	—
11	44	53	37	56
12	40	—	32	—
1	33	21	22	18
計	117	74	113	74



第１圖　輪半徑測定模式圖



第２圖　ヤナギムシガレイの耳石

A　２輪　無眼側體長 12.9 cm（♀）
A'　同上　有眼側
C　４輪　無眼側體長 17.4 cm（♀）
C'　同上　有眼側
B　３輪　無眼側體長 15.1 cm（♀）
B'　同上　有眼側
D　５輪　無眼側體長 20.5 cm（♀）
D'　同上　有眼側
×12

の場合[2] と同じく、頭部から第9〜17番目の椎體を採取し、煮沸乾燥して比較的明瞭な椎體に就いて神經棘・血管棘に沿うて切斷し、中心から各透明帶の内側及び椎體緣邊までの距離を測定して椎體輪半徑とした（第1圖）。耳石は有眼側と無眼側に1箇づつあり、その外形は石田氏等[3)4)5)] が北海道産カレイ類に就いて報告した様に、必ずしも等しくない。即ち兩者は略々楕圓形をなすが、有眼側のものは前部が尖り、一方の側が反對側に較べ巾廣く、左右相稱でなく、核は後方に偏している。然し無眼側のものは幾分一方が尖つてはいるが、核は略々耳石の中心に位置する。それ故耳石に就いては無眼側のものを用い、核より最長距離の方向に緣邊までと各透明帶の内側までの距離を測定して、耳石半徑及び輪半徑とした（第1圖及び第2圖）。尚耳石の輪紋を明瞭にするため、その表面を砥石で輕く磨き、シャーレに張つた水の中に入れて觀察した。

體長と椎體及び耳石半徑との關係

體長と椎體半徑との關係は他のカレイ類と同じく[6)7)]、略々直線的關係にある（第3圖）。漁場及び雌雄に依る差は少く、同一と見做しても差支えない。

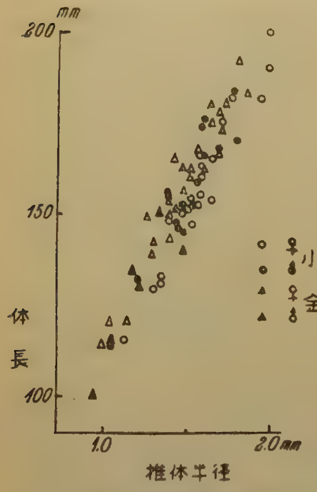
體長と耳石半徑の關係も他のカレイ類と同じく[3)4)5)8)] 略々比例しており、雌雄は等しいものと見て差支えない（第4圖）。之等の關係を示す實驗式を最小自乘法で求めると次の通りである。

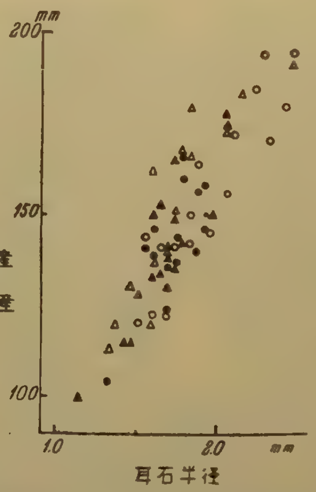
體長と椎體半徑

$$l = 82.4r + 33.3$$

體長と耳石半徑

$$l = 77.3r' + 17.4$$





第3圖　椎體半徑と體長の關係　　第4圖　耳石半徑と體長の關係

但し　l = 體長 mm,　r = 椎體半徑 mm,　r' = 耳石半徑 mm.

輪の形成時期

輪の形成期を確認するには周年を通じて觀察しなければならないが、資料が10月〜1月の短い期間に限られたので、形成時期の確認は困難である。しかし耳石輪半徑の頻度分布は第2表の通り、第1輪群と第2輪群とは殆んど分離し、3輪群以上は重り合いが見られるが、その輪數群別の mode は概ね第3表の輪數群別の各輪半徑の平均値に一致し、mode を中心に略々正規分布の形になつている。此のことから、此等の輪は或る一定の期間に形成されるものと推察される。此の時期に耳石緣邊に透明帶（輪紋）を形成中のものが見られるが、その割合は第4表の通り、小

第2表　耳石輪半徑の頻度分布

小名濱　　　　　　　　　　　　　　　　金華山

階級	小名濱 r_1 ♀	♂	r_2 ♀	♂	r_3 ♀	♂	r_4 ♀	♂	r_5 ♀	♂	計 ♀	♂	金華山 r_1 ♀	♂	r_2 ♀	♂	r_3 ♀	♂	r_4 ♀	♂	計 ♀	♂
0.4	4	1									4	1		2								2
0.5	10	14									10	14	5	1							5	1
0.6	13	16									13	16	14	3							14	3
0.7	13	10									13	10	16	7							16	7
0.8	8	9									8	9	16	3							16	3
0.9	2	1	2								4	1	2	2	1						3	2
1.0			7	4							7	4			7	2					7	2
1.1			12	18							12	18			15	7					15	7
1.2			14	17	1						15	17			16	4					16	4
1.3			11	6	4	4					15	10			7	4	4	1			11	5
1.4			4	5	11	17	1				16	22			7		19	5			26	5
1.5				1	10	12		3			10	16				1	10	3	1		11	4
1.6					12	5	2	3			14	8					11		4		15	
1.7					4	6	3	4			7	10					2		8		10	
1.8					2	3	8	3			10	6					2		6		8	
1.9					1		7	2	2	1	10	3							6		6	
2.0							4	1	1		5	1							2		2	
2.1									1	1	1	1										
2.2							2		2		4											
2.3									1		1								1		1	

第3表　耳石の性別・輪紋數別輪半徑平均値

	輪	♀ r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	尾數	♂ r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	尾數
小名濱	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	0.61	1.29	—	—	—	5	0.65	1.40	—	—	—	5
	3	0.68	1.20	1.60	—	—	18	0.70	1.22	1.59	—	—	30
	4	0.69	1.23	1.56	1.90	—	20	0.67	1.15	1.49	1.73	—	14
	5	0.76	1.30	1.62	1.88	2.16	7	0.64	1.32	1.59	1.89	2.07	2
	平均	0.69	1.23	1.58	1.89	2.16	50	0.69	1.25	1.56	1.75	2.07	51
金華山	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	0.73	1.28	—	—	—	5	0.71	1.30	—	—	—	9
	3	0.73	1.21	1.56	—	—	20	0.74	1.18	1.49	—	—	9
	4	0.76	1.23	1.54	1.83	—	28	—	—	—	—	—	—
	平均	0.75	1.23	1.55	1.83	—	53	0.73	1.24	1.49	—	—	18

第4表　椎體及耳石輪形成中の標本出現率

	椎體						耳石					
	小名濱			金華山			小名濱			金華山		
月	測定數	輪形成中のもの	%	測定數	輪形成中のもの	%	測定數	輪形成中のもの	%	測定數	輪形成中のもの	%
10	–	–	–	—		—	17	12	70.6	—	—	—
11	42	34	81.0	52	24	46.2	34	31	91.2	55	48	87.4
12	38	15	39.5	—	—	—	30	29	96.7	—	—	—
1	32	11	34.4	20	10	50.0	20	18	90.0	16	12	75.0

名濱産のものは12月に 96.7％ となつて最大値を示し、又金華山の資料は 11 月・1 月の 2 ヶ月だけであるが、やはり 11 月に 87.4％ で最大となる。以上から透明帯（輪紋）は略々この期間に形成されるものと推定される。椎體に就いては、輪形成中の割合も明瞭でなく、之丈けの資料からは形成時期の推定は無理であるが、椎體輪半徑の頻度分布は耳石のそれの様に、第 1 輪群と第 2 輪群は明瞭に分離し、而も輪數群別の分布は略々正規分布となつているので、一定の時期に形成されるものと思われる。又之等の耳石及び椎體に現れる輪紋が毎年同じ數だけ形成されるもの

第5表　椎體輪半徑の頻度分布

小名濱　　　　　　　　金華山

階級	小名濱 r_1		r_2		r_3		r_4		r_5		r_6	計		金華山 r_1		r_2		r_3		r_4		計	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
0.2	1	3										1	3	1	1							1	1
0.3	11	9										11	9	3	1							3	1
0.4	18	20										18	20	19	7							19	7
0.5	15	18										15	18	15	4							15	4
0.6	9	8	1	1								10	9	13	4							13	4
0.7			3	2								3	2	2	1	2						4	1
0.8			13	10								13	10	1		6	5					7	5
0.9			21	28								21	28			19	5					19	5
1.0			11	10	1							12	10			16	4		1			16	5
1.1			4	6	3	5						7	11			5	4	7	1			12	5
1.2				1	7	11						7	12			5		7	1			12	1
1.3					11	12	1					12	12			2		10	3			12	3
1.4					20	12	3	2				23	14					6		2		8	
1.5					4	3	6	7				10	10					1		3		4	
1.6					1		3	2				4	2					2				2	
1.7						2	4					4	2							1		1	
1.8							4	1	2	1		6	2										
1.9							3					3											
2.0									1		1	2											
2.1									1			1											

第6表　椎體の性別・輪紋數別輪半徑平均値

（mm）

	輪	♀ r_1	♀ r_2	♀ r_3	♀ r_4	♀ r_5	♀ r_6	♀ 尾數	♂ r_1	♂ r_2	♂ r_3	♂ r_4	♂ r_5	♂ 尾數
小名濱	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	0.47	1.01	—	—	—	—	5	0.47	1.01	—	—	—	12
	3	0.46	0.93	1.44	—	—	—	24	0.49	0.95	1.40	—	—	34
	4	0.51	0.95	1.35	1.68	—	—	21	0.53	0.95	0.29	1.59	—	11
	5	0.58	0.92	1.26	1.64	2.00	—	3	0.32	0.94	1.27	1.59	1.86	1
	6	0.55	1.00	1.32	1.59	1.82	2.04	1	—	—	—	—	—	—
	平均	0.49	0.95	1.39	1.67	1.95	2.04	54	0.49	0.96	1.37	1.59	1.86	58
金華山	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	0.58	1.11	—	—	—	—	22	0.54	1.05	—	—	—	12
	3	0.52	0.97	1.34	—	—	—	27	0.45	0.89	1.26	—	—	6
	4	0.49	0.92	1.29	1.57	—	—	6	—	—	—	—	—	—
	平均	0.54	1.02	1.33	1.57	—	—	55	0.51	1.00	1.26	—	—	18

第7表　輪群別に依る輪形成中の出現率

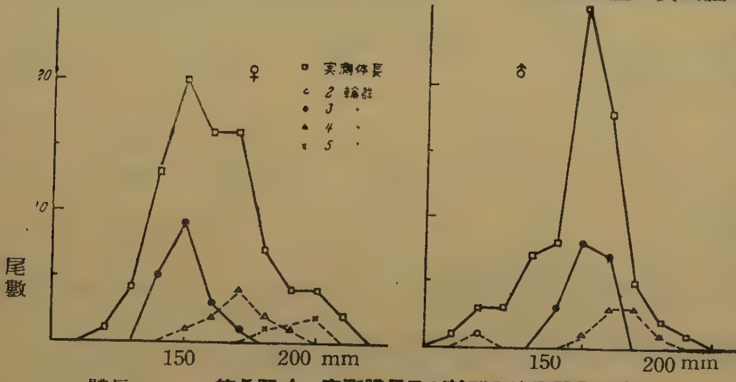
（小名濱）

		r_2	r_3	r_4	r_5	r_6
椎體	測定數	17	58	32	4	1
	形成中のもの	1	37	18	3	1
	%	5.9	63.8	56.3	75.0	100.0
耳石	測定數	10	48	34	9	—
	形成中のもの	8	39	32	9	—
	%	80.0	81.3	94.1	100.0	-

とすれば、一定時期の觀察に於て、當然等差級數的順位の輪紋の形成中のものの割合が多いことになる。然るに小名濱産の11月～1月の資料によると、椎體の2輪群を除いては、各輪數ともその割合は第7表の通りで略一定であり、毎年1輪づつ形成されるものと思われる。

輪數と體長

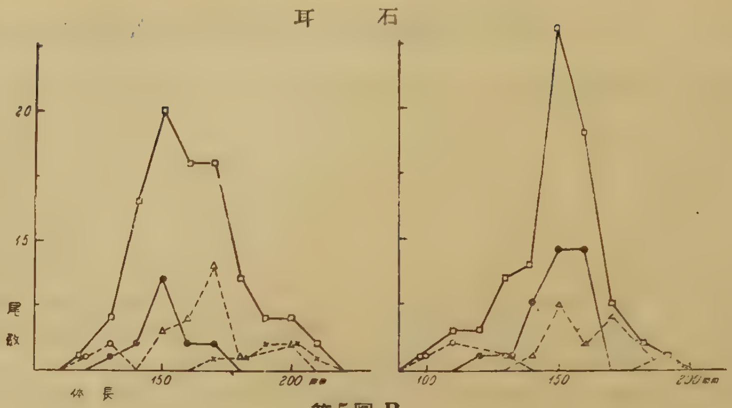
更に本種の實測體長分布に就いて觀察すると第5圖に示す通り明瞭に分離した峰は形成されないが、耳石・椎體何れの場合に於ても、輪數群別實測體長分布の峰の位置する處には、全體の體長分布にも不明瞭ながら峰或はふくらみが出來ている。この事から測定した輪紋を年輪と考えてよいだろう。



第5圖 A　實測體長及び輪群別實測體長分布

先に求めた實驗式に、第3表の耳石及び第6表の椎體の輪數群別輪半徑を夫々代入して、各輪紋が形成され始めた時の體長を求めると第8表の様になる。この表に依ると、一般に耳石の各輪

紋の形成される時の體長は椎體のそれに比しやや小さくなつている。從つて耳石の輪紋は椎體の場合よりやや早く形成されるものであろう。



第5圖 B

第8表　計　算　體　長　　mm

漁場	性	耳石					椎體				
		r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5
小名濱	♀	70.7	112.5	139.5	163.5	184.4	73.7	111.6	147.9	171.0	194.1
	♂	70.7	114.0	138.0	152.7	177.4	73.7	112.5	146.3	164.4	186.7
金華山	♀	75.4	112.5	137.2	158.9	—	77.8	117.4	143.0	162.8	—
	♂	73.8	113.3	132.6	—	—	75.4	115.8	137.2	—	—

椎體輪と耳石輪の比較

年令査定に用いる形質は處理が容易で、輪紋の明瞭なものが要求される。本種の場合、鱗は剝脫し難く、陸揚げされた後でも大部分の鱗は存在するが、鱗には輪紋が不明瞭で年令査定に使用することは出來ないから、脊椎骨椎體と耳石を用いた。椎體は處理に手數がかかり時間を要するが、耳石は魚體からの採取や處理も簡單である。

輪紋の見易い程度を、石田氏等[5]もナメタガレイに就いて指摘している様に、主觀的ではあるが一應次の4つに分類して見た。

1. 明　瞭　輪紋が非常に明瞭
2. 稍明瞭　輪紋が幾分明瞭さを缺くが、輪紋算定に見誤を生じないと思われるもの
3. 不明瞭　輪紋は形成されていても輪紋算定に困難を感ずるもの
4. 測定不能　輪紋を數えることは出來ない

この方法により小名濱產の材料は第9表の様になる。即ち耳石輪紋は明瞭なものが多いが、測定不能が10.6%を占める。然るに椎體輪紋の明瞭なものは耳石に較べて少なく、不明瞭・測定不

第9表 輪紋の分類

		明瞭	稍明瞭	不明瞭	測定不能
椎體	測定數	27	69	16	5
	%	23.1	59.0	13.7	4.3
耳石	測定數	46	31	24	12
	%	40.7	27.4	21.3	10.6

能の出現率も又少ない。然し椎體は煮沸後の乾燥の程度に依つて輪紋の明瞭さが違い、又永く保存が出來ないので本種の場合は耳石を採用するのが良いと考える。

椎體輪數と耳石輪數の差は第10表に示されている。この場合形成中の輪紋も輪數に加えた。この表に依ると、兩者が一致する割合は小名濱漁場で55.0%、耳石輪が椎體輪より1輪宛多いのが40.0%、反對に椎體輪が多いものは僅かに3.7%であり、金華山漁場では一致するもの45.0%に對し、耳石輪が1輪宛多いものが46.6%、反對に少ないものは殆んどない（1.7%）といつてよく、耳石は椎體よりも輪數の多い傾向が見られる。斯様に耳石と椎體の輪紋の數が必ずしも一致せぬことは、安田氏[9]等もムツ・スケトウタラに就いて指摘している。この原因は、器官に依る輪形成時期の相違、輪紋の現れ方の差異或は輪紋の測定誤差等色々考えられる。第10表を輪數別に見るに、椎體に2輪有するものは大部分耳石に3輪を形成しており、椎體に3輪を持つもので、耳石輪數と一致するものは、小名濱漁場のもので62.1%、但し金華山漁場では尙37.0%である。椎體に4輪を持つものでは一致する率もかなり多くなる。以上のことは前述した様に、個體に依り輪紋の不明瞭のものがあるために、輪紋の算定誤差にも依ると考えられるが、椎體の輪形成中の割合が少なく、殊に第7表に示す様に2輪群の形成中の割合が少ない。又計算體長も明らかに差が見られることから、この兩者の差は輪形成時のづれから生ずるものと推察され、資料が10月～1月に限ぎられたためと考えられる。

第10表 椎體輪數と耳石輪數の差

椎體輪	椎體－耳石（小名濱）				椎體－耳石（金華山）			
	−2	−1	0	+1	−2	−1	0	+1
2	1	13	3	—	4	12	2	—
3	—	13	23	1	—	16	10	1
4	—	5	15	2	—	—	5	—
5	—	1	3	—	—	—	—	—
計	1	32	44	3	4	28	27	1
%	1.3	40.0	55.0	3.7	6.7	46.6	45.0	1.7

摘　　要

（1） 本報告は椎體及び耳石の輪紋を測定して年令査定を試みたものである。

（2） 體長と椎體及び耳石半徑との關係は直線的で、その關係式は次式に示す通りである。

$$l = 82.4\,r + 33.3 \quad (\text{椎體})$$

$$l = 77.3\,r' + 17.4 \quad (\text{耳石})$$

（3） 椎體の輪紋形成期の推定は困難であるが、耳石では11月・12月を中心に形成されるものと思われる。

（4） 同一個體の椎體輪數と耳石輪數の間には椎體2輪群では耳石輪數が1個宛多いけれども3輪群以上は椎體と耳石の輪數が大體一致する。これは輪紋形成時のづれに依るものと推察される。

参　考　文　献

1）岡田彌一郎・松原喜代松（1938）：日本産魚類檢索
2）橋本　良平（1953）：ナメタガレイの年令に關する基礎的研究・東北海區水產研究所研究報告　No. 2
3）石田・北片・石垣（1950）：北海道產カレイ類の年齡に關する研究　第1報　アブラガレイ・北海道水產試驗場報告　No. 7
4）石田・北片・石垣（1952）：北海道產カレイ類の年齡に關する研究　第2報　サメガレイ・北海道水產研究所研究報告　第3號
5）石田・北片（1953）：北海道產カレイ類の年齡に關する研究　第3報　ヒレグロ・北海道水產研究所研究報告　第8號
6）甲　　二郎（1952）：東北海區產アブラガレイに就いて　第1報　年齡查定の基礎的研究・東北海區水產研究所研究報告　No. 1
7）甲　　二郎（1952）：東北海區產サメガレイに就いて　第1報　年齡查定の基礎的研究・東北海區水產研究所研究報告　No. 1
8）笠原　康平（1953）：ババガレイの年齡查定及び成長・東北海區水產研究所研究報告　No. 2
9）安田　秀明（1039）：同一個體の魚鱗，脊椎骨及び耳石に顯われる輪紋に就いて・日本水產學會誌　8, 6.

サメガレイの生態學的研究※
第1報　肥滿度・生殖腺重量の季節的變化に就いて

笠　原　康　平

ECOLOGICAL STUDIES ON *CLIDODERMA ASPERIMUM*
I SEASONAL VARIATION OF FATNESS AND WEIGHT OF THE GONAD

By
Kohei KASAHARA

Clidoderma asperimum is caught in abundance by small trawl nets on the continental shelf of the north-eastern sea area of Honshu, Japan.

The writer investigated the seasonal variation of the gonad, and of tained the fallowing results:

1) The fatness, f ($=W/L^3 \times 1000$, where W is body weights in g. and L is body lengths in cm.) shows the minimum value from March to May and the maximum from August to Novenmber.

2) The fatness decreases according to the increase of the body length or of age and it is slightly smaller in the male than in the female.

3) Vntil the body length attains a size of about 30 cm the ovary continues to grow regularly, but the ovarian weight of the fish of 30 cm or more in body length shows a seasonal variation without reference to the increase of the body length. Therefore the female body length at maturity is estimated as about 30 cm and the breeding season for the majority the fishes is from December to January.

4) The testis does not grow so regular as the immature ovary, but it shows a remarkable seasonal variation in weight when the body length attains about 25 cm or in size more, and there fore the male body length at maturity is estimated as about 25 cm.

三陸及び北海道太平洋沿岸[1)]で底曳網により多獲されるサメガレイ（*Clidoderma asperimum*）に就いて、生態學的研究の一部として、その肥滿度・生殖腺重量の時期による變化を觀察し、2・3の知見を得たので以下に報告する。

1 調　査　方　法

1951年10月から'54年3月までの間、襟裳・苫小牧・八戸沖の各漁場で當所の調査委託船（底

※東北海區水產研究所業績　第51號

第1表　サメガレイ月別・年齢別平均肥満度

月	性別＼年齢	1 N	1 f	1 S	2 N	2 f	2 S	3 N	3 f	3 S	4 N	4 f	4 S	5 N	5 f	5 S	6 N	6 f	6 S	7< N	7< f	7< S
1	♀	68	30.29	9.24	88	27.72	11.97	46	27.61	4.08	15	27.60	5.15	6	26.67	2.98	4	24.00	6.50	—	—	—
	♂	79	29.22	11.97	64	28.01	8.06	140	26.48	6.50	6	26.85	2.96	2	24.00	2.00	—	—	—	—	—	—
2	♀	22	29.32	14.67	55	28.11	8.29	15	27.33	11.97	12	27.63	5.06	12	25.65	8.06	5	25.10	9.98	—	—	—
	♂	11	28.36	9.67	67	28.65	6.55	25	26.92	11.15	13	25.16	10.89	3	23.67	7.13	—	—	—	—	—	—
3	♀	74	●28.31	10.63	48	27.55	8.29	45	27.51	8.07	19	26.68	5.90	9	26.00	7.55	5	23.80	5.38	5	●22.12	2.25
	♂	57	●27.60	11.49	63	●26.83	8.41	49	26.28	8.01	13	25.85	8.29	4	22.75	5.34	2	22.00	2.00	—	—	—
4	♀	—	—	—	13	●27.33	4.64	31	27.19	6.40	21	●26.29	6.15	21	●25.24	8.64	7	●22.25	5.24	12	23.34	9.12
	♂	—	—	—	2	26.90	2.00	58	●26.15	9.09	31	25.23	8.64	4	●22.25	8.70	3	●21.67	6.18	3	23.00	4.48
5	♀	3	28.67	4.33	30	28.30	5.34	39	●26.59	9.10	37	26.81	8.53	25	26.18	10.82	25	24.80	6.86	27	22.81	10.30
	♂	12	28.00	9.98	42	27.10	6.45	102	27.20	7.29	112	●24.98	8.70	18	22.89	6.45	6	22.50	13.62	8	22.75	4.93
6	♀	—	—	—	3	27.67	4.34	12	28.00	9.98	29	27.59	14.14	11	26.08	7.40	25	24.84	7.95	16	23.63	12.32
	♂	—	—	—	—	—	—	52	28.50	8.88	99	25.06	8.82	15	22.93	8.53	3	23.33	8.24	5	●21.20	21.34
7	♀	4	29.25	4.92	15	29.80	6.81	23	29.44	5.02	45	28.87	7.73	40	26.75	9.92	28	25.54	8.70	17	23.82	9.24
	♂	—	—	—	23	28.44	5.02	25	○29.84	6.86	24	26.36	14.75	13	23.85	6.30	4	24.25	11.22	3	22.60	8.61
8	♀	22	30.68	5.71	23	30.48	9.67	30	○30.05	8.18	9	○29.40	11.29	20	27.25	8.29	15	25.23	13.18	17	24.56	9.36
	♂	32	30.84	8.12	17	29.56	8.88	80	29.08	7.51	64	27.28	11.63	3	24.67	9.30	5	24.08	9.18	8	○23.87	9.61
9	♀	22	31.27	5.12	5	○31.62	8.01	6	29.37	6.81	14	28.91	5.15	25	27.56	10.82	13	26.62	8.06	11	25.39	6.97
	♂	6	○31.84	4.56	21	○30.62	9.73	10	28.90	9.06	22	○27.51	8.18	18	○25.89	6.45	3	24.67	8.24	—	—	—
10	♀	5	○31.50	5.65	36	30.67	8.82	52	29.70	5.90	16	29.16	6.76	11	○27.98	7.40	8	26.75	5.95	5	25.60	9.06
	♂	—	—	—	21	30.05	7.18	64	28.20	11.02	24	27.21	8.24	15	24.93	8.53	3	24.33	8.24	2	23.50	12.25
11	♀	19	31.13	5.57	48	30.15	5.57	46	28.83	7.62	24	28.23	7.40	40	27.95	8.70	31	○27.08	9.36	17	○26.09	7.34
	♂	5	30.37	8.94	61	28.58	8.01	152	27.87	6.55	41	26.03	15.13	13	24.85	6.30	3	○24.71	6.92	—	—	—
12	♀	46	30.89	6.15	37	29.57	8.07	29	28.24	8.41	29	27.86	6.67	20	26.25	8.29	5	26.40	6.66	—	—	—
	♂	45	29.80	5.76	39	29.02	7.67	150	26.54	6.40	20	26.55	9.06	3	24.67	8.15	—	—	—	—	—	—

N……調査尾數　　f……平均肥満度　　S……不偏分散　　○●……その年齢に於ける最大，最小値

曳船）によつて漁獲された本種の一部を標本として、その體長・體重・性別を調査し、生殖腺を摘出してその重量を測定し、又卵巣に就いては肉眼的観察により次の基準に從つてその成熟度を判定した。即ち卵巣内に卵粒を認めないか、認めても小さいものを未熟、透明卵を認めないが卵粒の大きなものを半熟、透明卵を認めるものを完熟、更に既に産卵が終り、卵巣内が空洞狀を呈するものを放卵として、夫々A•B•C•Dの記號で示した。尙、本文中に記載した本種の年齢はその體長から推定したものである。本種の年齢査定に就いては、石田等[2]及び甲[3]の研究があるが、兩者の査定結果には喰い違いが見られるので、此處では一應甲の結果を規準として年齢を推定した。

2 調査結果及び考察

(1) 肥 滿 度

以上の調査結果に基き、各個體に就いて肥滿度（$f=W/L^3\times1000$　但しLは體長, Wは體重, 單位は夫々 cm・g）を算出すると概ね17から36の間にあり、その個々の値は同一時期、同一年齢のものにあつてもかなり大きな偏差が認められる。然し更に時期及び年齢別に分類して、その平均値を求めると第1表の様に、時期・年齢及び性別によつてその値の增減に1つの傾向を認める事が出來る。

先ず時期別に見ると一般に3月～5月には最小値を、8月～11月には最大値を示している。各年齢に於ける最大値と最小値との差の有意性に就いて雌雄別に檢定を試みると、第2表に示す通り危險率1％又は5％で5歳以下の雌雄及び6歳以上の雌に夫々有意な差を認める事が出來た（6歳以上の雄には有意な差が認められなかつたが、之は標本數が少い爲と見られる）。此の季節的變動は本種の索餌期に密接な關連を持つている。即ち三河[4]の報告によると、本種の空胃（胃に内容物がなく空虛の場合）の出現頻度は10月～1月に最も多く40～60％を占めるが、5月～7月には2～16％と急減する。從つて5月～7月が本種の攝餌最盛期と見る事が出來る。此の時期に於ける肉質の增加によつて肥滿度は急激に增加し、それに引き續き10月～1月の攝餌の少い時期を經て次第に減少し、4月前後に最低値に達するものと考える。

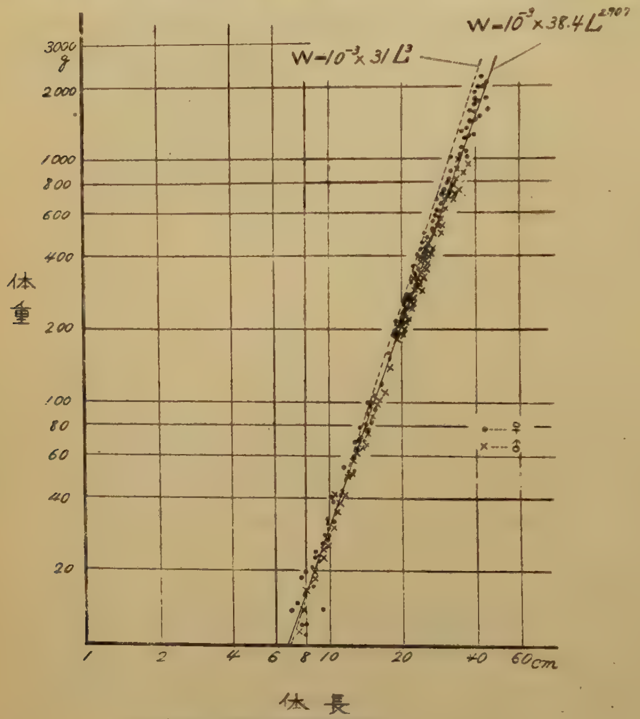
第2表

年齢	性別	F_0	F^*	F^{**}
1	♀	4.63	6.96	3.96
	♂	8.96	7.08	4.00
2	♀	12.24	8.53	4.49
	♂	26.01	6.96	3.96
3	♀	21.86	7.01	3.98
	♂	26.49	6.96	3.96
4	♀	7.98	7.64	4.20
	♂	13.88	6.83	3.92
5	♀	6.61	7.55	4.17
	♂	6.41	8.10	4.35
6	♀	15.39	7.39	4.11
	♂	2.12	21.20	7.71
7	♀	9.63	8.10	4.35
	♂	1.44	9.65	4.84

註 F^*, F^{**}は夫々危險率1％及び5％の表値

年齢別に見ると一般に年齢の增加に伴つて肥滿度の減少する傾向が認められるが、之は體重の增加が體長の3乘に比例するとした事に基く見かけ上の減少と見られる。試みに縱軸に體重、横軸に體長をとつた對數方眼紙に11月・12月の資料をplotし、同時期の若年魚の肥滿度を示す $W=10^{-3}\times31L^3$ の直線と比較すると、第1圖の通り體長の增大に伴つ

て前者は後者のやや下方にそれる傾向を示している。又各時期別に體長・體重の關係式 $W=kL^n$（W は體重，L は體長，單位は夫々 g・cm）に於ける定數 k, n の値を最小自乘法で求めると、



第1圖　體長と體重の關係（11・12月）

第3表

月	n	k
1，2	2.923	$10^{-3}\times36.7$
3，4	2.892	〃　40.1
5，6	2.876	〃　43.8
7，8	2.881	〃　38.6
9, 10	2.899	〃　39.2
11, 12	2.907	〃　38.4

第4表

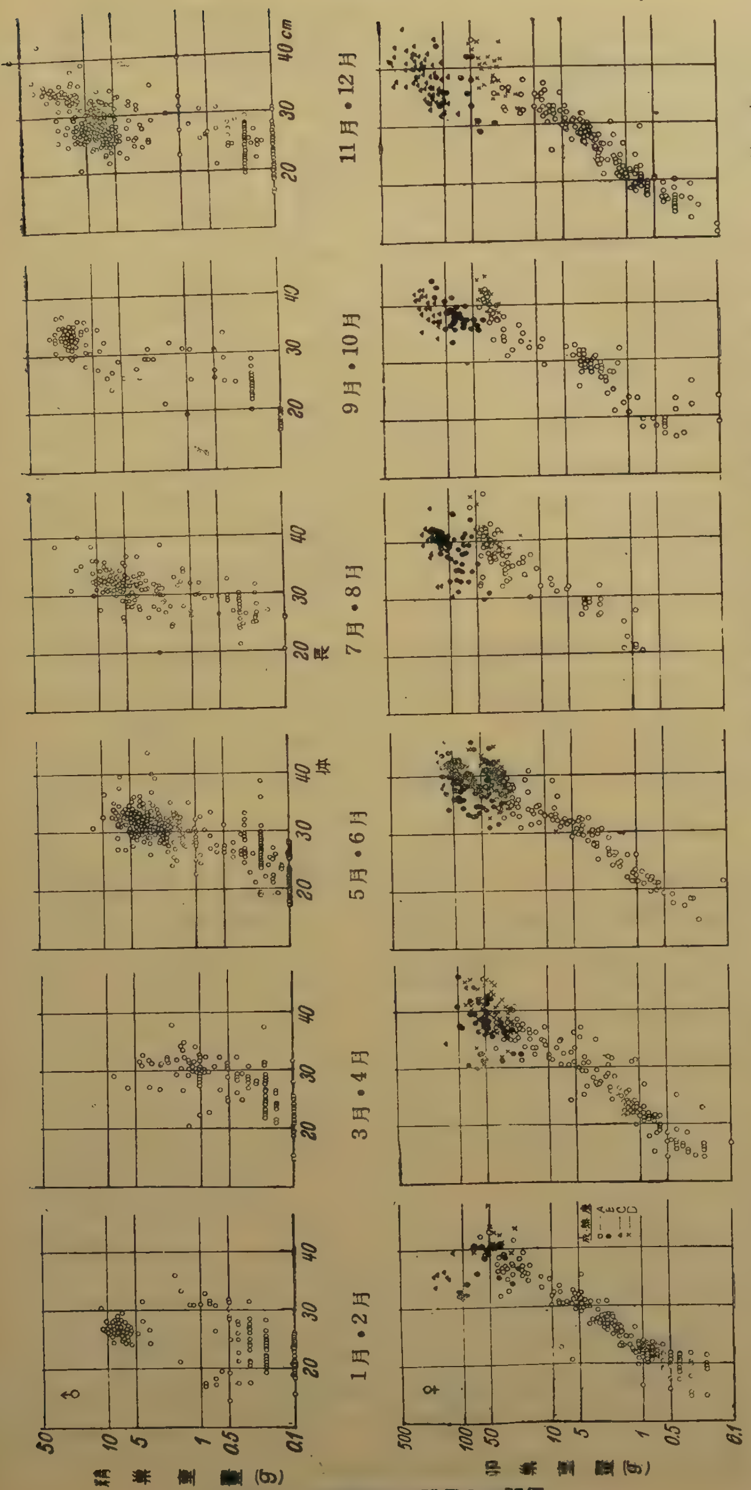
月	N	$\bar{f}$
1	6	23.84
2	12	23.98
3	9	24.21
4	21	24.58
5	25	23.81
6	11	24.03
7	40	24.67
8	20	25.23
9	25	26.08
10	11	25.38
11	40	24.63
12	20	25.08

第3表の通り n の値は何れも3より小さく2.9前後となる。即ち體重の増加は體長の略々2.9乘に比例すると見てよく、從つて體長の3乘と體重の比で示される肥滿度の値は體長の増大に從つて減少する事になるが、之は前述の季節的變動とは異なり、成長に伴つてやせて行く事を意味するのではない。

雌雄別に見ると一般に雄は雌より小さいが、その差は若年魚より高年魚に著しい。然し成熟した雌（5歳）の標本に就いて、卵巢を除いた體重から肥滿度を求め月別にその平均値を算出すると第4表の通り、雄の値に近ずく事が認められる。從つて此の現象は成長に伴う卵巢重量の増大が精巢重量の増大よりはるかに大きい事に起因する。

（2）　生殖腺重量

各個體の體長を横軸に、生殖腺重量の對數を縦軸にとつて時期別に作圖すると第2圖の様になる。先ず雌に就いて見ると、體長が10～30 cm の範圍にあつて成熟度Aを示すものでは、plot された點は何れも略々直線狀に連なつている。即ち w を卵巢重量、L を體長（單位は夫々 g・cm）として次の式で此の關係を表わす事が出來る。



第2圖　生殖腺重量と體長との關係

$$\log w = aL + b \ldots. (1)$$

此の事は未だ成熟しない卵巣にあつては、その重量は體長の增加に伴つて或る一定の比で等比級數的に增加する事を示している。其處で (1) 式に於ける定數 a・b の値を時期別に求めると第5表の様になる。此の表によれば a の値は1月・2月に最大となり以後減小、5月・6月を最低として再び增加する傾向を見せているが、a・b に就いて危險率5％の信頼區間を求めると各値共概ね同一の範圍に入り、從つて之だけの資料からは未成熟の卵巣重量の季節的變動を認めるまでには至らない。

體長が30 cmを超えると、卵巣重量の對數と體長との間に一定の關係は見られなくなり、卵巣重量は概ね20gから250gの間にあつて顯著な季節的變動を示す樣になる。各個體に就いて生殖腺重量比 ($R = w/W' \times 100$ 但し w は卵巣重量, W' は卵巣を除いた體重、單位は何れも g) を算出し、月別及び成熟度別にその平均値を求めると第6表の樣に, 成熟度Bのものは8月に、Cは11月・12月に夫々最大の値に達する。又B以上の標

第5表

月	a	aの信頼區間 ($\alpha=0.05$)	b	bの信頼區間 ($\alpha=0.05$)
1, 2	0.091	0.081〜0.098	−2.02	−1.97〜−2.08
3, 4	0.089	0.078〜0.096	−1.98	−1.93〜−2.04
5, 6	0.085	0.076〜0.091	−1.94	−1.88〜−2.01
7, 8	0.086	0.074〜0.095	−1.96	−1.85〜−2.06
9, 10	0.087	0.076〜0.093	−1.94	−1.87〜−2.03
11, 12	0.087	0.078〜0.093	−1.95	−1.90〜−2.01

第6表　月別生殖腺重量比平均値

月＼成熟度	B		C		D	
	N	$\bar{R}$	N	$\bar{R}$	N	$\bar{R}$
1	7	4.49	9	14.73	6	1.97
2	6	3.39	1	4.52	5	2.65
3	10	4.13	1	12.93	9	2.42
4	41	4.18	1	4.37	29	2.21
5	46	4.52	2	6.34	30	2.04
6	41	5.37	2	7.18	18	2.17
7	28	7.06	7	9.87	11	2.01
8	15	8.46	6	11.10	6	2.25
9	19	7.88	14	13.53	9	2.19
10	10	7.16	10	14.36	5	2.21
11	15	5.70	34	15.72	15	2.17
12	6	4.28	30	15.65	10	2.24

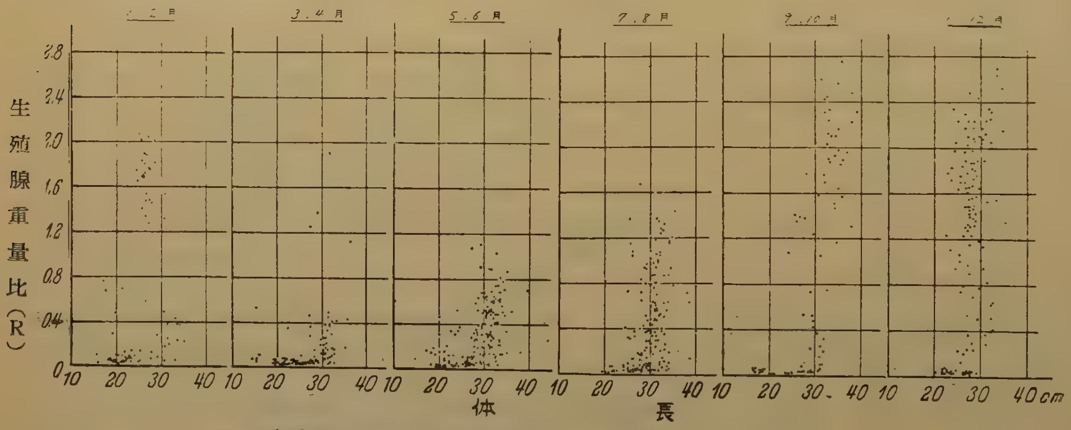
N……調査尾數
$\bar{R}$……生殖腺重量比平均値

本の出現頻度を月別及び成熟度別に見ると第7表の様に、Bは6月に、Cは12月に、又Dは2月〜4月に夫々最も多く出現している。即ち9月・10月を堺として大部分の成熟魚體では、卵巢の成熟度がBからCに、更に12月・1月にCからDに變る事を示している。以上から雌の成熟體長は略々30 cm(5歳)、產卵最盛期は12月・1月と見る事が出來る。然し此の時期以外にも、若干の放卵魚が1年を通じて採集されている所から見て、本種の產卵は部分的には殆んど周年行われるものの様である。

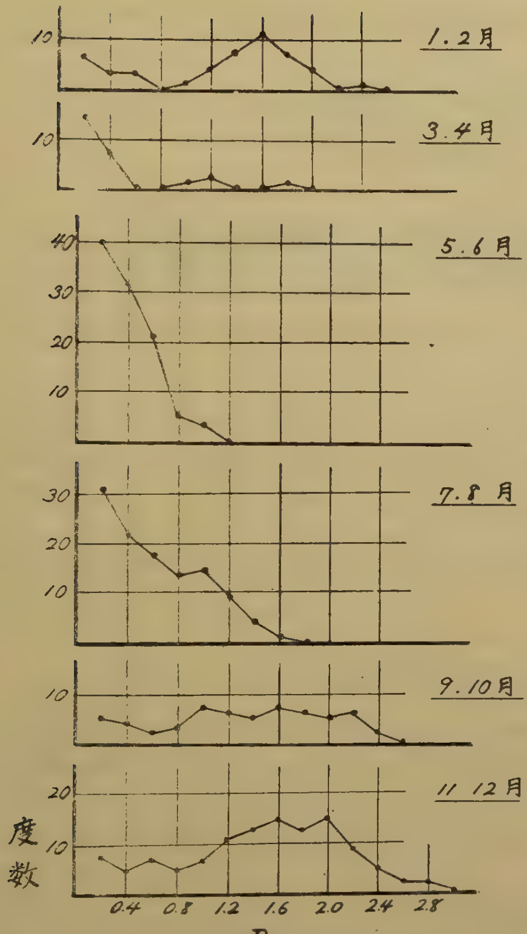
第7表　月別成熟度別成熟魚體出現頻度

月	N	成熟度		
		B	C	D
1	22	32	41	27
2	12	50	8	42
3	20	50	5	45
4	71	58	1	41
5	78	59	3	38
6	61	67	3	30
7	46	61	15	24
8	27	56	22	22
9	42	41	33	22
10	25	40	40	20
11	64	23	53	23
12	46	13	65	22

次に雄に就いて、先ず第2圖により體長と精巢重量との關係を見ると、一般に雌の未成熟魚に見られた様な體長と生殖腺重量との明瞭な比例的關係は、どの體長にあつても見る事が出來



第3圖　雄生殖腺重量比と體長との關係



第4圖　雄生殖腺重量比度數分布圖

ない。然し體長25 cm以上の魚體では、精巣重量は概ね0.1gから50gの範圍にあつて極めて顯著な季節的變動を示し、雌の成熟體長以上の狀態に類似している。個々の魚體に就いて、卵巣の場合と同樣に生殖腺重量比（$R=w/W'\times100$　但しwは精巣重量，W'は精巣を除いた體重，單位は何れg）を算出し、此の値と體長との關係を時期別に見ると第3圖に示す通り、Rの値は體長25 cm附近から飛躍的に増加する傾向を見せ、特に產卵期直前と見られる11月・12月に甚しい。之から雄の成熟體長は略々25cm（4歲）と見る事が出來る。又時期別にRの値の度數分布を求めると第4圖の樣に、5月・6月は何れも1.2以下であつたのが、7月以降逐次增大し、9月から翌年2月までは0.8を堺として0〜0.4の間にmodeを有する群と、1.6〜1.8をmodeとする群の2つに分離する。精巣の成熟度は卵巣の場合と異なり、その外觀による判定が困難であるが、以上のRの値の動きから見て0.8以上を成熟群と考えて差支えない。其處で0.8以上のRの月別の平均値を求めると第8表の通り、5月に最小値を、11月に最大値を示す。即ち卵巣の場合と同樣10月〜11月が最も精巣の成熟した時期であり、從つて放精の盛期は12月・1月と見る事が出來る。

第8表

月	N	$\bar{R}$
1	13	1.69
2	20	1.53
3	3	1.51
4	1	1.05
5	5	0.89
6	3	1.07
7	18	1.09
8	23	1.18
9	20	1.48
10	27	1.69
11	45	1.82
12	51	1.71

3　摘　　　要

サメガレイの肥滿度・生殖腺重量の時期による變化を觀察して次の結果を得た。

（1）肥　滿　度

i）時期別に見ると一般に3月〜5月には最小値に、8月〜11月には最大値に達するが、此の季節的變動は本種の索餌期に密接な關連があると見られる。

ii）年齡の增加に伴つて肥滿度は減少の傾向にあるが、之は肥滿度の値が體長の3乘と體重との

比で示される事から生じた見かけ上の減少で、本種の體重の増加は體長の略々 2.9 乘に比例する。

iii) 雄の肥滿度は雌のそれより小さく、その差は若年魚より高年魚に著しい。之は成長に伴う卵巣重量の増大が精巣重量の増大よりはるかに大きい事に起因する。

(2) 生殖腺重量

i) 未成熟の卵巣重量は體長の增加に伴つて等比級數的に增加し、季節的變動は認められないが、成熟した卵巣の重量は顯著な季節的變動を繰り返えす。生殖腺重量比（$R=w/W'\times 100$, w は卵巣重量，W' は卵巣を除いた體重，單位は g）の變動から雌の成熟體長は略々 30cm、産卵盛期は 12月・1月と見る。

ii) 精巣重量の季節的變動は體長 25 cm 未滿の魚體では殆んど見られないが、25 cm 以上では顯著に認められる。生殖腺重量比の時期別及び體長別の變動から、雄の成熟體長は略々 25cm, 精巣の最も成熟する時期は卵巣の場合と同様 10 月〜1 月と見る。

終りに御指導並びに報文の御校閲を賜つた所長木村喜之助博士及び八戸支所長濱井生三博士に厚く感謝の意を表する。

参　考　文　献

1) 北海道區水産研究所 (1951)：北海道近海重要底魚の主漁期及び産卵期　以東底魚資源調査經過報告
2) 石田、北片，石垣 (1952)：北海道產カレイ類の年齢に關する研究　第2號　サメガレイ　北海道區水産研究所　研究報告　第3號
3) 甲　二郎 (1952)：東北海區產サメガレイに就いて　第1報　年齢査定の基礎的研究　東北海區水產研究所　研究報告　No. 1
4) 三河　正男 (1953)：東北海區に於ける底魚類の消化系と食性に就いて　第2報　サメガレイ・ババガレイ　東北海區水產研究所　研究報告　No. 2
5) 落合　明 (1952)：ニギスの生態學的研究
I　體長と體重との關係　日本水產學會誌　Vol. 18 No. 4
6) 大内　明 (1953)：日本海カレイ類4種の產卵　日本海區水產研究所　研究年報　第1號

スルメイカ *Ommastrephes sloani pacificus* STEENSTRUP の成長度と産卵期に就いて※

安井　達夫・石戸　芳男

A STUDY ON THE GROWTH RATE AND THE SPAWNING SEASON OF *OMMASTREPHES SLOANI PACIFICUS* (STEENSTRUP)

by

Tatsuo YASUI and Yoshio ISHITO

Re-examining the data on the compositions of body weight in *Ommastrephes sloani pacificus* (Steenstrup), treated by Tauti (1941), we thought that there was only an age-group, because the mean body weights of the catch in autumn or winter exceeded those of spring or summer (Fig. 1). To clarify the problem we collected and analyzed the data on the north-eastern seas of Japan (Tab. 1). The results obtained are as follows:

1) There are four distinct groups; i. e. A-group is mature in summer, B-group is generally caught from summer to winter, C-group is still in a young stage in spring, and D-group is also young in autumn and perhaps is descended from A-group.

2) The mean of the mantle length in each group, for every period of ten days during the fishing seasons, continues to increase in the course of time until november. It attains 210—250mm. in mantle length about nine months after hatching (Fig. 2).

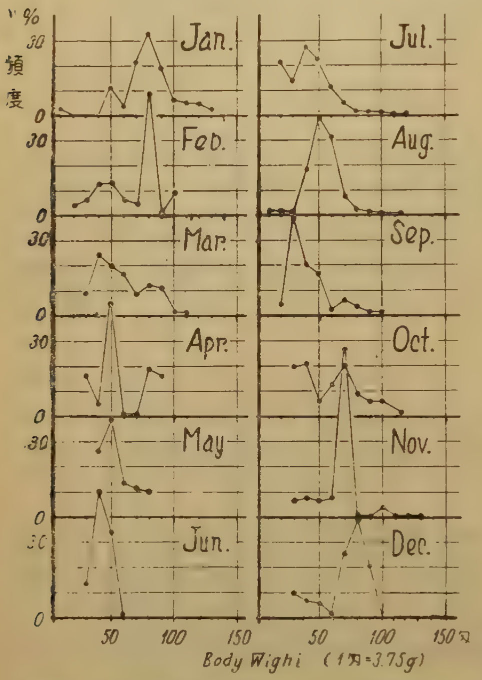
3) The ratio of the weight of the genital organ to the mantle length in B-group reaches a maximun in winter (Fig. 3).

4) Therefore it seems that the species attains maturity within a year, and each group has its own respective spawningseason: A-group spawns in August or Septe-mber, B-group in January or February and C-group in April or May, while D-group is the second generation of A-group.

§ 1. スルメイカの成長に就いては諫早[1),5)]・山口[6)]・山本[11)]等がそれぞれ稚仔期のものに就いて報告し、川名[2),3)]は北海道産のものに就いて7月～11月の間の外套膜背長の旬別變化から、7月に 180 mm 前後のものが、11 月には 230 mm 前後に成長するとし、又稚仔の調査から、産卵後 2, 3 ヶ月で外套膜背長 70 mm に、5 ヶ月で 150 mm に成長するとしている。田内[8)]はこれに對して1, 2 隻の試験船の漁獲を取扱つたための見掛上の現象ではないかと疑い、内地沿岸で漁獲される本種の月別と地域別の體重組成から、いくつかの年級が存在すると云つている。最近伊藤[27)]は佐渡兩

※東北海區水產研究所業績　第52號

津灣に於ける本種の外套膜背長と体重の經日變化から、外套膜背長110 mm位から170 mm位迄のものは1日當り0.8 mmの割合で外套膜背長の増加を見、體重も1日當り0.8 gの増加量を示すとし、これが直線的に成長するものと假定して、本種は1年半位で成熟し、滿2年位の壽命であらうと云つている。又添田[31)]は標識放流の結果から、夏季1ヶ月間に20〜30 mmの外套膜背長の伸長があり、體重では7月〜11月の4ヶ月間に2倍强の増加が見られると云つている。以上の諸結果は年級の存在を認めるものを除き、迴游との關係が不明であり、標識されたものの再捕の結果に於いては資料が少い様である。又年級の存在を認めるものは、体重組成のモードの位置の時期的變化について檢討されていない。そこで田内[8)]の月別の體重組成の表をよく檢べて見ると、3月〜9月は40〜50匁群（外套膜背長で約190〜200 mmに相當）を主とし、11月〜2月は80匁群（外套膜背長で約240 mmに相當）を主としており、春夏季には小型群、秋冬季には大型群が主となつているので、やはり1年間に大きな成長をする様に思われる（第1圖）。



第1圖　日本沿岸におけるスルメイカの體重組成（田内，1941による）
Fig. 1　Compositions of the body weight, by Tauti (1941)

§ 2. 筆者は同時期に各地で測定された資料を比較し、各地同様な體長増加の傾向が見られるならば、これが眞の成長を示すと考え、1952年11月・12月，1953年5月〜11月、青森縣太平洋岸に於いて漁獲されたスルメイカについて筆者の測定した資料、1953年7月・8月宮城縣氣仙沼及び閖上に於いて測定を依頼した資料、1950〜'52年青森縣水試大畑分場[30)]が大畑で測定した資料、1945年岩手縣水試[12)]が發表した資料、1927〜'31年北海道水試函館支場の諫早[1),4),5)]・川名[2),3)]・山口[6)]が北海道南岸を主とし、能登半島以北の本州日本海岸及び岩手縣沿岸で測定した資料及び1953年北海道區水研函館支所が北海道南岸で測定した資料を比較し、更に1947・'48年伊藤[27)]が佐渡で測定した資料を加えて檢討した。

§ 3. 以上の測定資料を整理して旬別の外套膜背長の平均値と測定尾數を地域別年別に示したのが第1表である。ここに普通群とあるのは夏から冬にかけて最も多く釣獲される群であり、夏季成熟群とは夏季北日本で成熟産卵する群であり、稚仔群とは主として春夏の頃沿岸定置網に入いる稚仔と、秋季スルメイカ漁場の海面に游泳している群である。

第 1 表　スルメイカ，旬別平均外套膜背長

單位 mm（ ）內は標本尾數

A. 夏季成熟群

	佐渡	佐渡	北海道大島	釜石
	1930, '31	1948	1930	1930
6月	224 (3) 239 (6)			
7月			239(11)	219 (9)
8月	254 (5) 257 (6)	260(13)		
9月		268(16)		

これ等の外套膜背長の旬別平均値を圖示すると第2圖に示す樣であり、各群共時間の經過に從い外套膜背長は增加している。但し普通群の11月以降は稍々減少の傾向を示しているが、丁度南下洄游の時期に當るので、游泳力の小さい小型群が遲れて南下するのではないかとも考えられる。

普通群について述べると、8月～10月の2ヶ月間の旬別平均値は多小の凹凸はあるが、各地共時間の經過と共に增大している。又古い資料では稍々小さく、新しい資料では稍大きい（その差約20 mm位）が、いずれも略々同樣の値を示している。この2ヶ月間の增加量は約30 mmで、1日當りにすれば0.5 mmとなり、夏季成熟群の增加程

B. 普通群

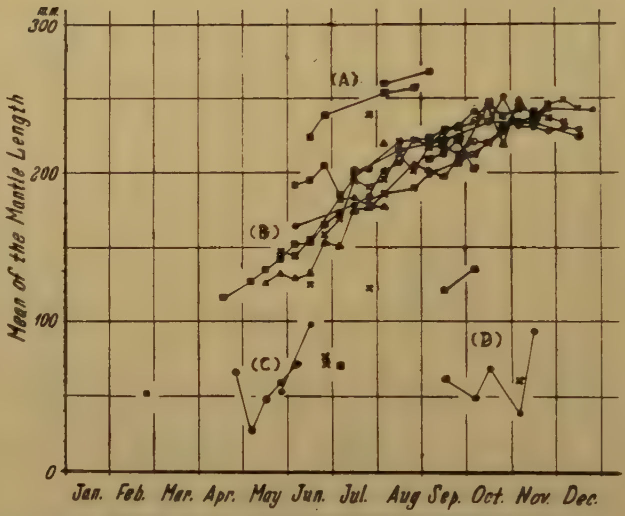
	北海道南岸	北海道南岸	室蘭	大畑	八戸	釜石	氣仙沼	佐渡-青森	佐渡	佐渡
	1927～'30	1953	1927	1950～'52	1952, '53	1930, '31	1953	1929, '30	1948, '49	1931
4月									116 (50)	
5月		147(357)				126 (20) 132 (20)			127 (80) 135 (30) 142 (60)	
6月	158	144(786) 155(411)			164 (2)	129 (20) 132 (20) 153 (40)		192 195 205	152 (30) 153 (30) 165 (30)	
7月	169 195 190	197(288)	181	200 (1,388)	178 (78) 184(182)	150 (20) 175 (40) 176 (20)	182 (50) 183 (50) 177(100)	185	173 (83) 201(105) 202 (60)	
8月	196 213 201	221(671)	186 189	215 (2,259)	201(230) 206(152) 222 (58)	205 (20)	177(100)			
9月	217 218 212	223(370) 229(521) 230(268)	199 207	221 (1,140)	218(123) 227 (55) 231 (49)	201 (20) 197 (40) 208 (40)				209(1) 213(5) 222(4)
10月	221 220 230	234(100) 247(183) 238(389)	212 228	234 (1,318)	241 (54) 234(185) 251 (45)	245 (20) 219 (40)				202(3)
11月	234 237 246	243(292) 241(439) 237(511)	244	233 (649)	231(272) 230 (50) 228(165)	249 (20) 237 (40) 243 (35)				
12月	249 243	234(237)		224 (357)	230(100) 229(100)	242(40)				

C.　春季稚仔群

	佐渡 1927	深浦 1927	江差 1931	猿留・尾札部 1927	噴火灣 1931	大畑 1922,'23,'28	八戸 1953	氣仙沼 1953	閖上 1953
2月	52 (13)					66 (2)			
4月						27 (9) 48 (13) 59 (15)	53 (21)	82 (6)	
5月						71 (8)	98 (60)		84(100)
6月		71 (10)	71 (5)	76	125				113(80) 118(100) 118(100)
7月				122					

D.　秋季稚仔群

	佐渡 1931	江差 1931	八戸 1953
9月	121 (6)		62 (3)
10月	135 (3)		49 (6) 69 (3)
11月		60 (50)	39 (13) 94 (7)



第2圖　スルメイカの旬別平均外套膜長の成長

Fig. 2　Mean of the mantle length for every period of 10 days. □ Sado～Aomori, × Southern coast of Hokkaido, ○ Ôhata, ● hachinohe, △ Kamaishi, ▲ Kesennuma～Yuriage.

度と同様であるし、佐渡に於ける伊藤[27]の報告の、外套膜背長110～170 mmのものの成長量1日當り0.8 mmに比べて稍々小さいが、大きな差とは云えない。従つて外套膜背長180～260mm位のものは1日當り0.5 mm位の成長をすると考えられる。

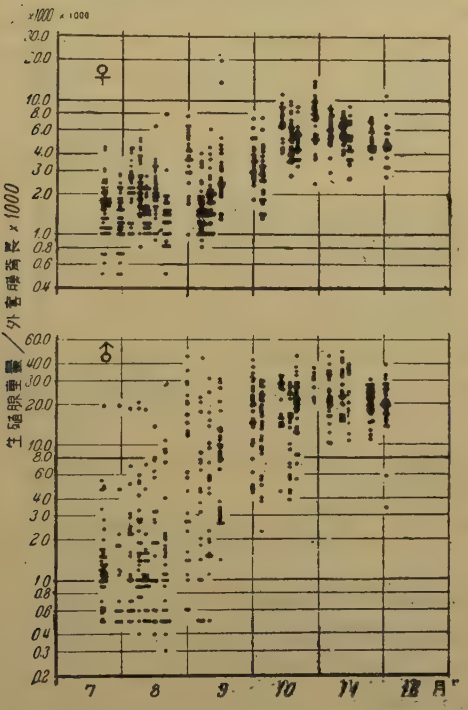
佐渡に於いて4月～6月に定置網に入る外套膜背長110～170 mmのものと、7月以降北部日本で釣獲される外套膜背長180～260 mmのものとの關係は、添田[22]・田内[9]等の本種の洄游についての報告から同一群に屬すると考えられ、従つて伊藤[27]の成長曲線と上述の普通群の成長曲線は連續していると考える。尚5月・6月頃岩手縣に於いて110～150 mm位のものが、又日本海沿岸

で 190〜200 mm 位のものが釣獲されているが、伊藤[27]が多小の産卵期のずれによる群の相異だと述べている様に、上述の普通群の中には更にいくつかの小群が含まれている様である。

外套膜背長 120 mm 以下の稚仔の成長度は測定尾数が少いので、危険性はあるが、4 月〜7 月漁獲される春季稚仔群外套膜背長の増加傾向から見て、孵化後略々 3 ヶ月で 120 mm 位に達すると推定される。

以上の結果から本種の成長は極めて速やかであり、孵化後満 1 年で外套膜背長 260 mm 以上に達すると考えられる。

§ 4. 産卵期については、夏季成熟群は 8 月・9 月頃産卵するものと考えられ、秋季稚仔群はこれが孵化した群と考える。又春季稚仔群はその成長曲線から見て 4 月・5 月に産卵されたと考えられる。普通群の産卵期はやはりその成長曲線から推定して 1 月・2 月頃と思われるが、筆者が 1953 年 7 月から 11 月に亘つて測定したこの群の生殖巣重量と外套膜背長の比が、時間の経過に従つて大きくなり、10 月頃から急に増大する（第 3 圖）。この傾向は雄に於いて特に著しく、川名[2),3)]が本種の雄は雌より早く成熟し、未熟な雌にも精夾が附着した交接後のものが見られ、11月以降交接後の雌の数が多くなると云つていることと符合する。この様なことから考えて、普通群の産卵期は冬季に行われると推定される。



第 3 圖　スルメイカの生殖腺の成長（普通群）
Fig. 3　Growth of gonad of B-group in *Ommastrephes sloani pacificus*. Gonad weight/mantle Length × 1000 on the ordinate.

以上のことから本種の産卵期は、（1 月・2 月），（4 月・5 月），（8 月・9 月）の年 3 回であると考えられ、この結果は、山本[11)]が朝鮮東岸で行つた本種の産卵期についての報告と略々一致する。

§ 5. 以上要約すると

1. 本種には夏季産卵群・普通群・春季稚仔群の 3 群がある。

2. 本種の成長は極めて速やかであり、孵化後3ヶ月で外套膜背長約 120mm に達し、6 ヶ月で190mm, 9 ヶ月で 250 mm, 1 年で 260 mm 以上に達する。

3. 本種は満 1 年で成熟産卵する。

4. 産卵期は 1 月・2 月（普通群），4 月・5 月（春季稚仔群），8 月・9 月（夏季成熟群）の年 3 回である。

終りに臨み、この報告を發表するについて、御教示と貴重な資料をお貸し下さつた北海道區水產研究所函館支所の添田・新谷両氏、御教示下さつた本所長木村氏、八戸沖合の資料集蒐に多大の御援助を下さつた石戸信三郎氏及び第三幸榮丸乗員諸氏、氣仙沼・閖上の資料を集めて下さつた佐藤・平山・庄司の諸氏、始終御指導と御協力を下つさた東北水研八戸支所の所員諸氏に厚く感謝する。

参　考　文　献

1. 諫早　隆夫（1927～'32）：するめいか（二番鯣）調査復命書　No. 1～No. 8　北海道水試調査復命書
2. 川名　　武（1928）：第五探海丸するめいか調査概況　北海道水試調査復命書
3. ――――（1927～'31）：探海丸するめいか調査概況　北海道水試調査復命書
4. 諫早　隆夫（1932）：標識放流より見たるするめいかの洄游　北海道水試調査復命書
5. ――――（1932）：青森縣下北郡地方に於けるするめいか產卵場と稚魚の調査　北水試旬報　No. 171
6. 山口　　濟（1932）：檜山・渡島兩支廳管內に於ける稚するめいか調査　北水試旬報　No. 171
7. 宮本　秀明（1935）：スルメイカの漁況と海況に就いて　日水會誌　Vol. 3, No. 6
8. 田內森三郎（1941）：スルメイカ *Ommastrephes pacificus* Appellof の Stock に就いて　日水會誌　Vol. 10, No. 3
9. 田內森三郎・三善　清旭（1939）：北日本に於けるイワシ・イカ・タラの海況に就いて　日水會誌　Vol. 8, No. 2
10. 成澤不二男・家久　了（1938）：但馬のスルメイカの漁況　日水會誌　Vol. 7, No. 3
11. 山本　孝治（1945）：朝鮮近海より得たるスルメイカの卵及び稚仔について　Venus Vol. 14, No. 5～No. 8
12. 澁谷　　感（1947）：するめいかの洄游について　岩手縣水試場報　Vol. 1, No. 3
13. 澁谷　　感（1947）：するめいか釣漁と海況についての再檢討　岩手縣水試場報　Vol. 1, No. 5
14. 添田　潤助（1948）：標識スルメイカの再捕結果から見たスルメイカ漁場としての函館沖と惠山沖　北水試月報　Vol. 5, No. 7
15. ――――（1947）：日本沿岸に於ける"スルメイカ"の洄游について　北水試月報　Vol. 4, No. 4
16. 川名　　武（1948）：イカ資源ノート　水產界　昭和23年6月號
17. 添田　潤助・新谷　久男（1948）：昭和21・22年に於けるスルメイカ標識放流試驗　北水試旬報　Vol. 5, No. 4
18. 添田　潤助（1949）：1948年秋期に於けるスルメイカ標識放流試驗　北水試月報　Vol. 6, No. 5
19. 村上　子郎・眞道　重明（1949）：天草周邊に於ける重要生物の資源學的研究　VII. アオリイカ・ケンサキイカ・ヤリイカの體長組成及び年級について　日水會誌　Vol. 15, No. 4
20. 宮本　秀明（1950）：イカ・タコ漁業　水產講座　漁業篇　第11卷
21. 竹花　　毅・小西　善一（1950）：するめいか　青森縣水試　水產情報　No. 2
22. 添田　潤助・新谷　久男（1950）：日本沿岸に於ける"するめいか" *Ommastrephes sloani pacificus* (STEENSTRUP) の洄游について　北水研究報告　Vol. III, No. 4
23. 添田　潤助（1951）：するめいか　青森縣水試　資源報告　No. 2
24. 添田潤助　新谷　久男(1951)：昭和25年(1950)に於けるスルメイカ洄游調查　北水試月報　Vol. 8, No. 9
25. 安田治三郎（1951）：コウイカ（*Sepia esculenta* Hoyle）生態の二・三について日水會誌 Vol. 16, No. 8
26. 添田　潤助（1952）：スルメイカ（*Ommastrephes sloani pacificus*）の人工授精とその初期分裂　北水研　研究報告　Vol. III, No. 5
27. 伊藤勝千代（1952）：佐渡兩津灣に於けるスルメイカの測定學的觀察　日水研創立三周年記念論文集

28. 添田 潤功・新谷 久男・大槻 俊秋（1953）：1951 年に於けるスルメイカの洄游調査 北水試月報 Vol. 10, No. 3
29. 川名 武（1953）：スルメイカに就いての二・三の問題 漁業技術改良 No. 5
30. 青森縣水試大畑分場（1952）：昭和 27 年津輕海峡「するめいか」漁況の特異性について（豫報） 同場事業報告 昭和 27 年 10 月
31. 添田 潤助・新谷 久男・大槻 俊秋（1953）：スルメイカ資源調査 No. 1 北海道區資源調査要報 No. 4
32. 長崎縣水試（1953）：するめいか標識放流試験 同場事業報告 No. 40
33. 前川嘉右エ門（1953）：岩手縣に於けるするめいか調査豫報 岩手縣水試 1953 年 3 月

機船底曳網の網目に依るキチヂ魚體長の選擇性※

丸山　潔・小瀧　一三

SIZE SELECTION BY THE MESHES OF THE BOTTOM TRAWL WITHOUT OTTER BOARDS FOR *SABASTOLOBUS MACROCHIR* GUNTHER.

By

Kiyoshi MARUYAMA and Kazumi KOTAKI

When working in almost the same fishing ground with two kinds of the bottom trawl; one without and one with otter boards provided with different size meshes, we estimated the quantity of the marge, the size and measured the length of the samples in the group of *Sebastolobus macrochir* Gunther that were caught. We also investigated the size for the group of *Sebastolobus macrcchir* Gunther caught by selection due to the meshes of the bottom trawl without otter boards. The following results were obtained.

1. The group of *Sebastolobus macrochir* Gunther that are caught by the bottom trawl without otter boards are determined by selection of the size of cod-end meshes. The large size mesh net catches a greater number of large size fish than the small size mesh net.

2. The large size mesh net catches large fish which are not caught by the small size mesh net.

緒　　　言

東北海區に於ける機船底曳網の水揚魚種中、その量に於いて上位を占める重量魚種の一つであるキチヂは、近年特にその小型若年魚の水揚が著しく、大型魚に對する小型魚の占める割合の増加は大きな問題となつている。ここに岩手縣宮古港に於ける 1950 年（1 月～12 月）同港在籍船に依つて水揚された本種小型若年群の量を仕切傳票調査の結果から求めてみても、その總水揚量の 80.4 % を占めている。東北海區全域に於いても、恐らくその總水揚量の 70 % 乃至は それ以上のものが、小型若年魚で占められているものと想像される。又當所の八戸港に於ける陸上調査の結果にも、年々本種の小型化が見られている。斯様な現象は、最近の八戸港在籍船の小目網使用度の増加傾向が窺われる點に照しても、その主因が使用される網目の大きさに依るものであろうと考えられる。そこで筆者は當所の八戸地區試驗委託船第十二長運丸・第五神海丸並に本所々屬試驗船第一旭丸で、大小網目を異にした二つの網で殆んど同一漁場を曳網し、同一體長組成群

※　東北海區水産研究所業績　第53號

を漁獲したと思われる場合について、その大小體長別漁獲量及び抽出標本による體長測定を實施し、網目によるキチヂの體長の選擇性に就いて検討を行つた。ここにその結果を報告する。

本研究に當り、御指導を賜つた當時の八戸支所長猿田達雄技官並に種々調査上の便宜を與えられた第五神海丸の船主高橋清左エ門氏、船長藤谷清氏に厚い感謝の意を表すると共に、體長測定の勞をわずらわした第一旭丸石橋正舊船長，城田喜一舊無電局長始め所員各位に御禮を申し上げる。更に報文の御校閲を賜つた本所長木村喜之助博士に謝意を表する。

調　査　方　法

第十二長運丸については、筆者の１人小瀧が同船による北海道近海の底魚資源調査中、第１表に示す様な大小網目の異なつた２種の網を用い同一漁場を操業した際、船上で市場區分に基ずいて魚體の大小別に魚箱に選別されたものを、網目の大小別にその量を調べた。又第五神海丸については、筆者２人が乘船し、第１表に示す様な大小兩目の網によつて調査した。尚使用した２種

第１表　各船の比較操業に用いた大小兩目網の大要

調査船名	第十二長運丸				第五神海丸				第一旭丸			
網目區分	大目網		小目網		大目網		小目網		大目網		小目網	
網各部	仕立長 k	網目 cm	仕立長 k	網目 cm	仕立長 k	網目 cm	仕立長 k	網目 cm	仕立長 k	網目 cm	仕立長 k	網目 cm
魚捕	2.5	7.6	2.1	3.8	2.5	7.6	3.0	2.4	3.0	7.6	3.0	4.3
嚢網 上	10.0	7.6	8.4	3.8	10.1	7.6	7.0	3.8	9.0	7.6	9.0	3.0
嚢網 側	10.0	7.6	8.4	3.8	10.1	7.6	7.0	3.8	9.0	7.6	9.0	3.0
嚢網 下	10.0	7.6	3.0+5.4	6.0+3.8	10.1	7.6	5.0+2.0	6.0+3.8	9.0	7.6	9.0	3.0
天井網	2.1	7.6	—	—	1.5	7.6	1.0	3.8	3.0	7.6	3.0	7.6
三角網	14.8	7.6	—	—	7.0	7.6	—	—	10.0	7.6	10.0	7.6
袖網 上	7.0	7.6	5.16	3.8	7.5	7.6	6.5	3.8	8.1	7.6	8.1	7.6
袖網 下	7.1			6.0	7.7							
荒手 上	18.0	12.1	11.6	12.1	12.0	15.2	10.0	15.2	12.0	15.2	12.0	15.2
荒手 下	13.4				12.5				12.4		12.4	

の網が同一漁場で曳網されたかどうかという點に就いては特に考慮し、殆んど同一場所を曳いたと見做される１組の曳網を取出して、第十二長運丸で小瀧が調べたのと同様に、體長の大小別漁獲量を調べた。即ち網目の大小別に魚箱にマークをほどこし、水揚時各々の網の漁獲物から大小別に漁獲量の1/12づつの魚箱を抽出し、體長測定を實施した。尚第一旭丸については第1表に示す様に各部の仕立を殆んど同一にし、網目だけを異にした姉妹網で同じ場所を交互に曳き、その際兩網で獲られたものの全數について體長測定を實施した。

調　査　結　果

(1)　網目による漁獲量及び漁獲魚の體長の相違

第十二長運丸・第五神海丸の網目試驗に際して漁獲された大型・小型キチヂの漁獲量は第2表に示す通りである。この結果によると、第十二長運丸では漁獲總量に於いて、小目網が 235.1 kg, 大目網が 64.2 kg で、小目網の方が 4.5 倍も漁獲が多い。然し大小體長別漁獲量に於いては、大型魚は大目網に多く、小目網の 10.1 kg に對して 51.8 kg で、5倍に當る。又各網の大型魚•小型

第2表　キチヂの網別大小魚體長別漁獲量の比較

調査船		第十二長運丸									第五神海丸							
調査年月日		1952.7.1									1952.7.23				1952.8.2			
漁場並水深		102區 270～360m									176區 520m				181區 350m			
魚捕部の網目		7.6cm					4.2cm				7.6cm		2.4cm		7.6cm		2.4cm	
漁獲量 kg	體長區分	1回	2回	3回	1網平均	大小比%	1回	2回	1網平均	大小比%		大小比%		大小比%		大小比%		大小比%
	大	70.5	42.4	42.4	51.8	80.7	14.3	5.6	10.1	4.3	69.8	96.8	45.0	52.6	180.0	57.1	131.3	25.8
	小	11.3	14.3	11.3	12.4	19.3	281.3	168.8	225.0	95.7	2.3	3.2	40.5	47.4	135.0	42.9	382.5	74.4
	計	81.8	56.7	53.7	64.2	100	295.6	174.4	235.1	100	72.1	100	85.5	100	315.0	100	513.8	100

註　第十二長運丸の漁場水深 270～360m は本船の魚探に現れた投網時の水深から揚網終了までの水深範圍を示すもので各網とも 300m を中心にして曳網されている。
尙操業順序は 7.6cm 目の網を3回先に用い次いで 4.2cm 目の網が2回用いられれた。

魚の割合は、大型魚が大目網に 80.7％ を示しているのに、小目網では僅かに 4.3％ に過ぎない。又第五神海丸の場合には、その差は第十二長運丸の結果程大きくはないが、やはり同様な傾向を示している。卽ち小目網の漁獲量は7月23日の比較試驗に於いて 13.4 kg, 8月2日の比較試驗では 198.8 kg 丈け大目網より多いけれども、大型魚丈けを見ると大目網の方が夫々 24.8 kg, 48.7 kg 丈け多く漁獲している。各網漁獲量に對する大型魚の割合に關しては、7月23日の試驗では、小目網が 52.6％ であるのに、大目網では 96.8％ を示し、更に8月2日の試驗では小目網の 25.6％ に對し、大目網は 57.1％ という結果になつている。然し第1表でも解る様に、この場合兩船で試驗に用いた網の仕立は共にかなりの相異があり、何れも大目網の方が大型に作られている。然し此の事が大目網・小目網によつて夫々漁獲された大型魚・小型魚の割合の比較に大きな誤差を與えるものとは考えられない。

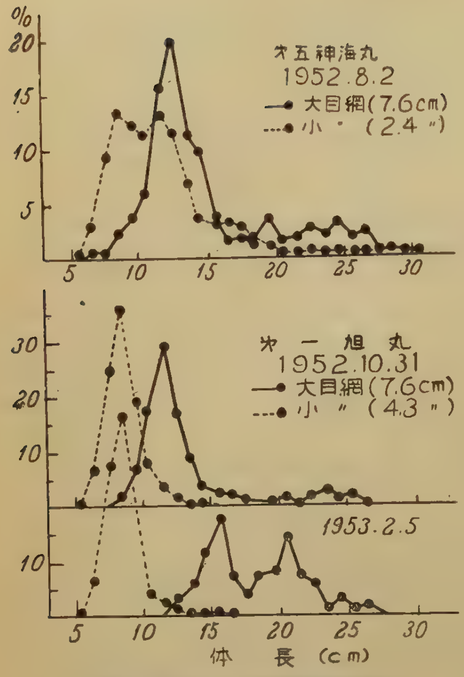
(2)　大小兩目網漁獲魚の體長組成の差異

第五神海丸並に第一旭丸の抽出標本を體長測定した結果は第3表に示す通りである。この結果に基づいて、網目別にその體長頻度分布を示したのが第1圖である。之によると第五神海丸の試驗では小目網の體長モードが 8.5 cm, 大目網の體長モードが 12.5 cm にあつて、大目網の方が 4 cm 大きな方にずれている。體長 18 cm 以上の大型魚を比較してみると、大目網に約 70kg, 小目網に 31 kg で、大目網には小目網でみられなかつた 28～31 cm の大型魚が漁獲されている。第

第3表　抽出標本による網別キチヂの體長度數分布の比較

調査船名	第五神海丸				第一旭丸							
調査年月日	1952.8.2				1952.10.31				1953.2.5			
漁場　水深	181區　350m				176區　340m				214區　410m			
魚捕部の網目	7.6cm		2.4cm		7.6cm		4.3cm		7.6cm		4.3cm	
漁獲量抽出比	315.0kg　1/12		513.8kg　1/12		33.8kg　全數		13.5kg　全數		7.5kg　全數		7.5kg　全數	
體長(cm)	度數	%	度數	%	度數	%	度數	%	度數	%	度數	%
5 ～ 6			4	0.3			1	0.1			5	0.8
6 ～ 7	3	0.6	57	3.0			48	6.4			40	6.4
7 ～ 8	4	0.7	178	9.3			186	24.9			171	27.2
8 ～ 9	12	2.2	256	13.3	6	1.8	267	35.8			227	36.2
9 ～ 10	21	3.9	236	12.2	22	6.5	143	19.1			120	19.1
10 ～ 11	32	6.0	221	11.5	60	17.6	59	7.9			26	4.1
11 ～ 12	84	15.6	251	13.0	99	29.0	29	3.9			17	2.7
12 ～ 13	107	19.9	217	11.3	56	16.4	11	1.5	2	2.9	10	1.6
13 ～ 14	61	11.3	135	7.0	30	8.8	1	0.1	4	5.8	2	0.3
14 ～ 15	53	9.9	72	3.7	13	3.8	1	0.1	8	11.6	4	0.6
15 ～ 16	21	3.9	63	3.3	8	2.3			12	17.4	5	0.8
16 ～ 17	9	1.7	63	3.3	6	1.8			5	7.2	1	0.2
17 ～ 18	11	2.0	59	3.1	3	0.9			3	4.3		
18 ～ 19	7	1.3	36	1.9	1	0.3	1	0.1	5	7.2		
19 ～ 20	20	3.7	21	1.1	3	0.9			6	8.7		
20 ～ 21	8	1.5	10	0.5	5	1.5			10	14.5		
21 ～ 22	10	1.9	13	0.7	2	0.6			5	7.2		
22 ～ 23	14	2.6	7	0.4	6	1.8			4	5.8		
23 ～ 24	11	2.0	8	0.4	9	2.6			1	1.5		
24 ～ 25	17	3.2	9	0.5	5	1.5			2	2.9		
25 ～ 26	11	2.0	2	0.1	5	1.5			1	1.5		
26 ～ 27	13	2.4	4	0.3	2	0.6			1	1.5		
27 ～ 28	3	0.6	4	0.3								
28 ～ 29	4	0.7										
29 ～ 30	1	0.2										
30 ～ 31	1	0.2										
計	538		1926		341		747		69		628	

一旭丸の2回の結果では更にこの點が明らかで、10月31日の試驗では體長モードの位置が兩網で各々11.5cmと8.5cmにあつて、(3cm)大目網の方が小目網よりも大きく、體長18cm以上の大型魚は大目網で38尾漁獲をみているのに、小目網では僅かに1尾に過ぎない。又2月5日の試驗では兩網による漁獲魚の體長組成が殆ど分離している。同一體長組成群を對象として曳網されたかという疑問ももたれ、各回の曳網時に對象とする魚群が變つていた事、或は大目網が幾分深い所を曳いたのではないかという事も考えられるが、試驗は同一漁場で同一深度を曳いた積



第1圖　網別キチヂの體長組成差異

りであり、總ての試驗に於いて大目網の方が大型魚を非常に大きい割合で漁獲しているのであるから、以上の結果を信頼しても大きな間違いはないと思う。

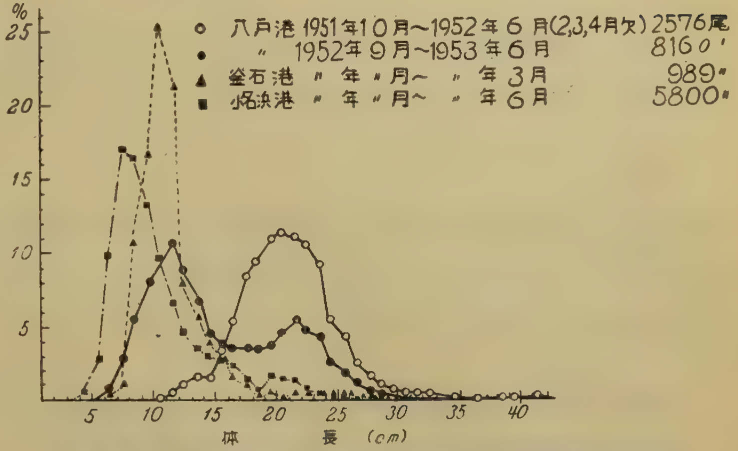
考　察

以上の結果からみて、機船底曳網で漁獲されるキチヂはその際用いられた魚捕部の網目の大きさによつて選擇を受け、網目の大きな網には大型魚が多くなる事が結論される。この様に大型魚が大きな網目の網に多い現象は、トロール網については西歐諸國で古くから知られ、多くの實驗結果が報じられている。吾國に於いても高山・林兩氏が 1933～'34 年に東京灣に於ける手繰網の網目試驗で、又龜田・林兩氏は 1936 年長崎五島沖合に於けるトロール網の網目試驗でこの點を觀察している。最近は東北海區水產研究所八戶支所並に北海道區水產研究所が機船底曳網の網目試驗を實施した。網目による魚體の選擇性に關しては、高山・林兩氏は網目の大きさによる海水の濾過率及び明暗の相異によるものと考えている。筆者の實驗の場合、明暗度は幾分影響するにしても、寧ろ Buchan-Wollaston 氏がトロール網の試驗報告で說明している様に[1]、網の中の海水の濾過率の相違が大きく影響しているものと考える。

當所に於ける陸上調査結果によると、本種の體長組成は南の漁場程小型化し、八戶港に於いても最近小型化している事が屡々指摘されている。之はその使用されている網目の大きさの地域性並に變遷とよく符號し、網目によるキチヂの體長の選擇性を明らかに示すものである。即ち第2圖は八戶・釜石・小名濱各港に於ける本種の陸上調査結果による體長組成であるが、之によると 1952 年 9 月～'53 年 6 月の各港の體長モードの位置は、小名濱が 7.5 cm, 釜石が 10.5 cm, 八戶が 11.5 cm で、八戶は更に 21.5 cm にも小さい山のモードがみられ、明かに南の漁場程小型化を示している。又八戶の 1951 年 10 月～'52 年 6 月の體長組成をみると、體長モードは 20.5 cm の單峯型で、1952 年度（1952 年 9 月～1953 年 6 月）に現れた體長モード 11.5 cm の群はほんの僅かである。一方 1952 年5月八戶在籍船を對象とする使用網目の實測調査結果及び水產廳研究第一課の依賴による八戶港（'52 年 12 月），釜石港（'53 年 3 月），小名濱港（'52 年 12 月）漁船の使用

1）E. FORD (1936) The problem of the Mesh THE NATION'S SEA-FISH SUPPLY

網目の實測並に聽取調査の資料に基ずいて、之等港別漁船の使用網の魚捕部の網目の大きさの度數分布を、その使用度（主として用いる網と從として用いる網の區別）に別けて示すと第4表の通りである。これによつても明らかな様に、八戸では主として用いられる網目が殆んど5節で、釜石は7節、小名濱は10～11節、又從として用いられている網は八戸に於いてその網目の範圍が廣く、最小のものは小名濱の最小網目と同じもの迄使用されている。然し八戸港では網目の小さいものを使用する船は未だ數が少く、南の地區程著しく多い。從つて網目の地域性、即ち用いられる網目が南程小さい傾向と體長組成が南程小さい傾向とはよく一致している。尙八戸港に於ける網目調査の際聽取した所によると、釜石・小名濱方面で使用されている様な小網目が從として用いられる様になつたのは、一部漁船の試用によつて、キチヂ・エビの漁獲に意外の好成績をみたのに刺戟された爲、1951年12月頃からぼつぼつ使用され出した様である。從つて1951年10月～'52年6月の八戸港の體長組成に於いても、當時既に或る程度小目網が使用されていたものと考えるならば、1952年9月～'53年6月に現れた様な體長モード11.5 cmの山が見られてもよさそうに思う。然し調査資料は2月・3月・4月の分が缺けており、結果には現れなかつたのであろう。そして小目網が强度に用いられる様になつた結果が、翌年度の體長組成に現れたものであろう。



第2圖　陸上調査結果に現われた港別キチヂの體長組成の差異

第4表　港別使用網目の度數分布

港別		八戸				釜石		小名濱	
調査年月日		1952.5		1952.12		1953.3		1952.12	
着業隻數並調査隻數		66	16	61	52	23	19	60?	13
魚捕部の網目	使用度區分	主	從	主	從	主	從	主	從
節	寸								
5	2.50	10		42					
6	2.00	6	5	10	5	1			
7	1.66				2	13	1		
8	1.43		2		4	4	3		
9	1.25		1		2	1		1	
10	1.11				1		6	4	2
11	1.00				1		2	4	
12	0.90		1		2			2	
13	0.83				1			1	1
14	0.77		1		1			1	
計		16	10	52	19	19	12	13	3

又當所の海洋資源年報底魚資源篇1951年によると、金華山・小名濱漁場の本種の體長組成は稚

魚及び若年魚よりなり、高年魚は極めて少い事が指摘されている。之等地區の試驗委託船で使用されていた魚捕部の網目をみると、共に八戸・宮古のものより小さく7節及び9節で、之亦網目による魚體長の選擇性によるものと考える。

要　　約

當所に於ける八戸地區試驗委託船第十二長運丸・第五神海丸並に所屬試驗船第一旭丸で、大小網目の異なつた二つの網で殆んど同じ場所を操業した際、漁獲されたキチヂについて網別の大型・小型別漁獲量及び抽出標本による體長測定を實施し、機船底曳網の網目による本種の魚體長の選擇性について檢討した。その結果次の様な事が云える。

1.　機船底曳網で漁獲されるキチヂはその際用いられた魚捕部の網目の大きさによつて選擇を受け、大きな網目の網には小さい網目の網よりより大型のものが多く漁獲される。

2.　大きな網目の網には小さい網目の網で漁獲されない大型の魚も漁獲出來る。

参　考　文　献

Borowik. J.（1930）：Saving Trawl に關する研究（パンフレット）

E. FORD（1936）：The problem of the Mesh THE NATION'S SEA-FISH SUPPLY

高山伊太郎・林　壽（1936）：曳網類の網目試驗に就いて　水產試驗調査資料　第3號

龜田　精一・林　壽（1938）：　〃　（其二）　〃　第5號

東北海區水產研究所八戸支所（1952）：東北海區水產研究所海洋資源年報底魚資源篇　昭和26年度

北海道水產研究所
北海道水產試驗場（1952）：漁具工率に關する試驗　北海道區資源調査要報　第3號
北海道區底魚資源研究集團　（以東底魚資源調査 No. 1）

東北海區水產研究所八戸支所（1952）：底魚資源陸上調査結果概要

松島灣の水産資源に關する基礎研究※
第1報　松島灣の底質について

奧田　泰造・佐藤　省吾

FUNDAMENTAL INVESTIGATION ON THE MARINE RESOURCES OF MATSUSHIMA BAY
I. ON THE BOTTOM MATERIALS OF MATSUSHIMA BAY

By
Taizo OKUDA and Shogo SATO

Matsushima is a bay studded with large and small islands, and is provided with narrow entrances, thus the influences of the open sea can be said to be restricted relatively. This bay is a shallow inlet with an average depth of less than two meters, its bottom is covered with a luxuriant growth of Zostera, and the tidal current velocity is slow.

This work was undertaken to determine the properties of the bay sediments on the basis of both mechanical and chemical analysis. From these analysis large shells and fragments were excluded.

In the mechanical analysis, the fractions coarser than 110μ were sieved through the standard sieve and the hydrometer method was used to analyse the fractions finer than 70μ. The samples were soaked in distilled water to remove salts, in order to prevent the coagulation of the fine particles in the samples by the salts.

From the data of mechanical analysis, cumulative curves were obtained for each sample and were expressed by the percentage weight frequency against the logarithm of the equivalent diameter. The median diameter (Md), the first and third quartile diameter ($Q_1 > Q_3$) were obtained from the cumulative curve. From these values, the sorting cofficient and the quartile skewness were computed to characterize certain features of the size-grade distribution and the sorting of the sediments. The sorting coefficients is a measure of the degree of sorting and is defined as

$$So=\sqrt{Q_3/Q_1}\ .$$

The quartile skewness indicates the degree of symmetry of size distribution with respect to the median. The measure of Sk is derived from the tow quartile diameters and the median diameter by the following formula

$$Sk=\sqrt{Q_1\cdot Q_3/Md^2}.$$

These values together with the distribution in the various size-grade are shown in

※東北海區水產研究所業績　第54號

Table 1.

The textural properties of the sediments in the bay were quite different from the sediments of outer parts of the bay. The sediments in the bay consist almost of mud and have (almost) a median diameter of less than 30μ, further, the sediments in the inner parts of the bay have a median diameter of less than 10μ. The sediments from the outer parts of this bay are composed of sand and have a median diameter exceeding 150μ. The samples from the outer parts of the bay tend to be better sorted and have a more symmetrical size distribution than the samples in the bay.

With regard to chemical analysis, total sulfide, organic carbon, total nitrogen, ignition loss and sea-water soluble nutrients such as SiO_3–Si, PO_4–P and NH_3–N were determined. The following results were obtained;

(1) Some correlations were recognized between the organic carbon contents and the fine material contents (<10μ in diameter).

(2) The distribution of organic contents (such as organic carbon contents, amount of ignition loss and total nitrogen contents) and sulfide contents showed a similar tendency.

(3) The contents of organic matter were abundant at the inner parts of the bay, but generally poor at the bay mouth.

(4) The bottom materials in this bay contained organic carbon ranging from 1.17 to 3.96, the total nitrogen from 0.100 to 0.301, the amount of ignition loss from 6.0 to 16.0, and the sulfide ranging from 0.11 to 1.37 percent respectively. The rate of carbon to nitrogen, C/N, also was in the range of 11.2 to 16.9.

(5) It might be stated that the sulfide contents were rather poor, considering that these organic contents were abundant generally. This fact may be explanated that on account of the shallow water depth, both sun-light and dissolved oxygen were supplied considerably to the sea-bottom, consequently the organic matter deposited on the bottom could be decomposed under an oxidizing condition.

(6) The distribution of the soluble nutrients showed a considerable different tendency compared with the distribution of the organic contents. Namely, the contents of soluble nutrients were poor at the Zostera zone in the inner parts of this bay that showed high contents of organic matter.

緒　　論

松島灣の魚介藻類を對象として、これら生物の生產と環境との關係を究明し、さらに生產量を高めるための研究が現在進められている。この様な研究の一環として、1952年8月から9月にかけて松島灣の底質並びに底棲生物の調査を行つたが、その中吾々の擔當した底質についてここに報告する。

松島灣は灣口部に位する馬放島・桂島・野々島・寒風澤島及び宮戸島等によつて圍まれ、それ

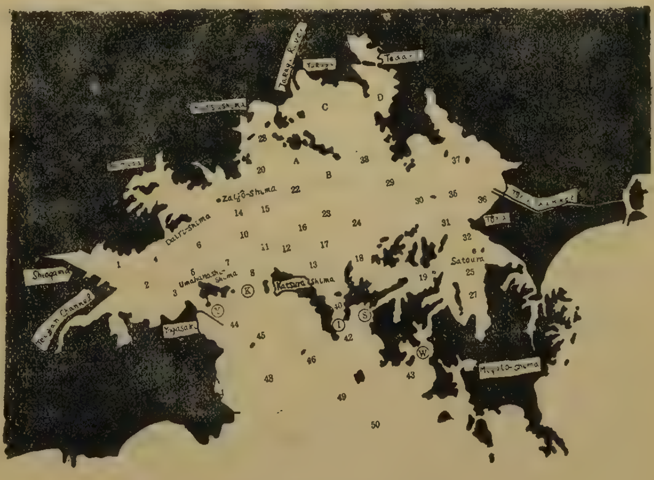
らの島々の間を通る狹隘な水道によつて外海と通じている。灣の北東部には東名運河、北部には高城川、北西部の塩釜港内には貞山運河があり、これらから淡水が流入している。灣内は航路と水道筋の一部を除いては、2〜3 m 程度の水深で海底は概して起伏が少い。灣内ではノリやカキの養殖を始めとし、ウナギやハゼ等の有用魚類も多く漁獲され、重要な魚場となつている。

この様な研究に當つては、種々の環境要因相互の關連性及び有用生物の生産量との關係について、綜合的に解析されねばならないものであるが、そこまでいく過程として、ここに底質に關して一應検討を行つたものである。しかも限られた時期の調査結果であり、さらに詳細に調査研究を要する點が多々あるが、概括的にその結果を取纒めてみた。この調査では底土の性狀を知るためにその比重・粒度分析と共に有機炭素・全窒素・硫化物及び可溶性無機榮養物質(NH_3–N・PO_4–P・SiO_3–Si）などの化學分析を行つた。

本研究の遂行に當つて、懇切なる御指導をいただき、また本稿の御校閲を賜つた增殖部長谷田專治博士に對し、衷心から感謝の意を表します。

調　査　方　法

松島灣内と灣外は港界（Harbour limit）の附近までを、0.5分間隔の基盤目に區分し、1952年8月1日から9月13日まで6回に渡つて採泥を行つた。採泥地點は大凡海圖によつて目標をつけ、現場では六分儀による測量を行つて位置を決定した。しかしアマモの密生のため船の運行が不能となり、また惡天候のためなどにより、初めに豫定した調査が出來なかつた地點もあり、さらに豫定外に加えて調査を行つた地點もあるが、第1圖に示す如く全部で46地點について調査を行つた。



第1圖　調　査　地　點

Fig. 1　Stations of sampling of bottom materials in Matsushima Bay.

Ⓨ Straits of Yogasaki　Ⓚ Straits of Kanashima
Ⓘ Straits of Ishihama　Ⓢ Straits of Sabusawa
Ⓦ Straits of Wanigafuchi

1. 採　泥

採泥にはエクマン型採泥器を使用し、上下よく混合して廣口瓶にとつた。硫化物測定のための試料は、別に廣口瓶にとり、20％苛性ソーダを添加して遊離硫化水素を固定した。エクマン型採

泥器によつてえられた底土は、表面から數cm乃至10數cm の厚さであつた。但し灣外の砂質の地點からえられた試料は、2～3 cm程度の厚さに過ぎなかつた。

2. 測　定　方　法

測定に當つては粒度分析、硫化物及び可溶性無機榮養物質は濕泥のまま、比重、有機炭素及び全窒素は 100±5°C で乾燥した試料について行つた。

（1）比重及び粒度分析

比重・粒度の測定には、日本工業規格（J. I. S. ）の土粒子の比重試驗法（A 1202），及び粒度試驗法（A 1204）に準じて行つた（最上：土質力學，参照）。即ち比重の測定はメスフラスコを用い氣泡を完全に除くことに特に留意した。粒度の測定は、110μ 以上の粗粒部分は標準篩を用いて篩い分け、70μ 以下の細粒部分の測定は比重計法によつた。但し粒度の測定には濕泥のまま用いたので、この方法に示されている様な、試料の分散處理の必要を認めなかつたが、海底土は多量の塩分を含有するため、微細粒子は凝固して測定が不正確となるので、次の様な前處理を施して後測定を行つた。即ち試料に水を加えて攪拌し、靜置した後上透液を除き、再び水を加えて靜置する。こうした操作を繰り返し、懸濁液中の微細粒子が凝固しなくなるまで水洗した。測定用シリンダーは容量約 2 l，內徑約 90 mm のものを用い、比重計は 1 目盛が 0.0005 で 0.0001 まで目測した。

（2）化　學　分　析

底土中の有機物の含量は、有機炭素・灼熱減量及び全窒素の測定によつてその概略を求めたが有機炭素はクロム硫酸の消費量から間接的に求める Tiurin 法により、全素窒は Kjeldahl 法によつた。また硫化物は富山・神崎兩氏の方法（1951）により分析した。可溶性無機榮養塩の含量は筆者の 1 人奧田（1953）がこれまで行つたと同様、濕泥約 5～10 g を海水 300 cc と共に 3 分間手でよく振盪して、その間に海水中に浸出された量を測定することによつて求めた。ここに測定した可溶性無機榮養塩は、NH_3–N・PO_4–P 及び SiO_3–Si で、それぞれ大體海洋觀測法[4]に準據した。

調　査　結　果

1. 比　　重

底土の比重は 2.3～2.7 の範圍にあり、大部分の地點は 2.5～2.65 である。少しく低い値を示したのは、灣內中央部の *St.* 16，17，23，里浦の *St.* 27 及び灣外の *St.* 42 であつた。特に *St.* 27 では比重 2.28 という最も低い値を示した。灣中央部の試料中には、珪藻の遺骸が多量に混入されており、里浦の *St.* 27 にはアマモ等の植物破片の混入が目立つていた。これらの混入が原因して比重が低い値を示したものと考える。また石濱、寒風澤兩水道が交錯する *St.* 42 が低い値であつたのは、この地點の底質が貝殼細片を主體とする粗粒質であつたためであろう。（Fig. 2, Table 1）

第1表　松島灣底土の物理的性狀

Table 1. Physical composition of bottom materials in Matsushima Bay.

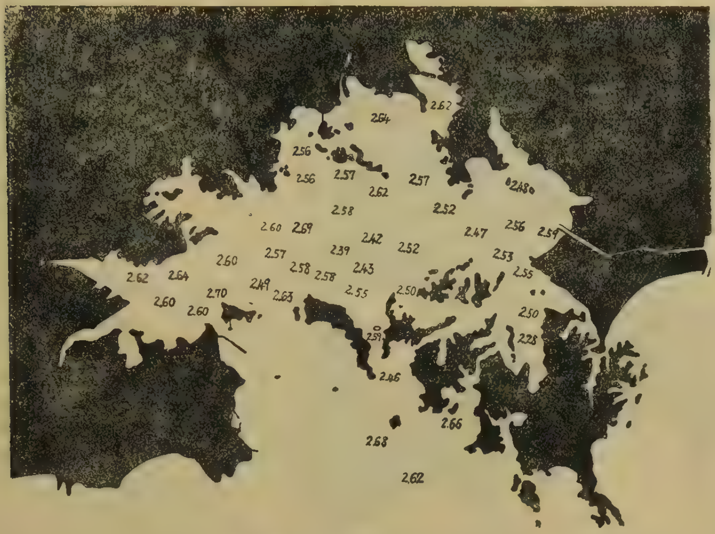
St.	Sp.Gr.	*Md.* μ	*So.*	*Sk.*	Particle composition (%)								
					~3160μ	3160μ ~1000μ	1000μ ~316μ	316μ ~100μ	100μ ~31.6μ	31.6μ ~10μ	10μ ~3.16μ	3.16μ ~1.0μ	1.0μ~
1	2.62	4.9	5.9	1.34	—	0.0	0.6	6.9	21.0	11.0	19.0	17.5	24.0
2	2.60	5.2	6.0	1.34	4.5	1.5	1.0	5.4	16.6	10.5	20.1	16.4	24.0
3	2.60	4.0	4.5	1.27	0.0	0.2	1.2	12.6	7.6	10.4	22.5	23.0	22.5
4	2.64	9.8	8.2	1.38	7.5	3.5	3.8	11.2	14.5	9.0	15.0	17.5	18.0
5	2.70	21.0	5.3	0.63	2.0	1.8	1.0	12.2	24.5	19.5	11.5	9.5	18.0
6	2.60	21.0	6.0	0.64	1.3	1.7	2.4	14.1	26.1	9.7	15.5	12.2	17.0
7	2.49	21.0	6.4	0.75	3.0	4.0	2.0	16.5	18.0	14.5	13.7	13.3	15.0
8	2.63	35.0	9.5	0.54	4.0	4.0	6.5	25.5	10.5	7.0	12.5	13.0	17.0
10	2.57	25.0	7.2	0.60	1.5	4.0	4.0	17.0	20.7	7.3	15.1	14.4	16.0
11	2.58	107.0	2.6	0.62	4.0	3.5	6.5	39.0	20.0	6.8	6.2	5.5	8.5
12	2.58	41.0	4.8	0.45	1.5	1.0	1.1	15.4	35.9	10.1	11.6	10.4	13.0
13	2.55	70.0	4.0	0.40	2.0	1.0	1.5	27.0	34.0	7.2	7.3	9.0	11.0
14	2.60	21.0	7.1	0.66	2.5	1.5	3.7	17.7	22.5	7.1	13.7	14.5	16.8
15	2.69	37.0	6.3	0.45	1.8	1.1	1.5	21.6	26.2	8.4	11.4	14.0	14.0
16	2.39	54.0	3.7	0.41	0.0	0.5	2.1	10.1	46.5	9.8	11.2	7.8	12.0
17	2.43	58.0	4.9	0.36	1.5	1.0	1.5	22.0	36.5	4.7	10.8	7.5	12.5
18	2.50	26.0	6.8	0.52	5.0	2.5	1.5	11.0	27.7	8.3	13.8	14.7	15.5
20	2.56	5.7	6.4	1.14	0.1	0.9	1.8	7.2	18.8	11.2	19.0	15.5	25.5
22	2.58	5.0	6.1	1.14	1.0	1.0	1.8	6.5	15.7	12.2	19.5	16.8	25.5
23	2.42	6.4	8.7	1.61	4.0	3.2	4.8	11.5	14.0	6.9	16.1	17.0	22.5
24	2.52	5.3	6.3	1.30	0.7	0.5	1.9	9.3	16.3	11.3	18.8	17.2	24.0
25	2.50	7.0	6.0	1.10	0.7	1.2	1.3	6.3	22.8	12.2	18.3	14.7	22.5
27	2.28	5.3	4.9	1.61	0.1	1.1	1.3	2.5	25.0	10.5	20.5	26.5	12.5
28	2.56	3.8	3.2	0.90	—	0.0	1.3	3.2	7.5	14.8	26.5	22.7	24.0
29	2.52	3.1	3.6	0.81	—	0.0	0.3	1.7	7.1	14.3	25.6	23.0	28.0
30	2.47	10.5	7.9	1.14	1.0	1.0	1.0	20.1	19.4	8.0	14.5	15.9	19.1
31	2.53	8.3	8.6	1.48	1.8	1.5	1.6	21.5	15.1	6.6	15.9	16.5	19.5
32	2.55	145.0	3.9	0.29	0.7	0.2	1.1	64.6	5.4	4.0	6.5	12.5	5.0
33	2.57	4.0	4.2	0.90	—	—	0.0	7.8	8.5	14.0	24.0	18.7	27.0
35	2.56	57.0	6.5	0.39	0.1	1.4	0.7	37.3	18.9	5.0	12.4	14.2	10.0
36	2.59	170.0	3.9	0.35	1.0	1.0	7.4	55.1	6.5	6.6	7.5	8.2	6.7
37	2.48	6.0	6.7	1.67	0.8	1.2	1.8	12.0	18.9	7.9	18.4	21.4	17.6
40	2.59	300.0	7.2	0.24	5.9	5.6	36.7	21.8	3.5	1.5	7.8	9.0	8.2
42	2.46	2330.0	1.6	1.00	32.0	59.8	6.7	1.0	0.5	0.0	—	—	—
43	2.66	410.0	1.3	1.04	0.5	4.5	73.0	21.5	0.5	0.0	—	—	—
49	2.68	187.0	1.3	1.03	0.5	1.5	9.5	87.5	1.0	0.0	—	—	—
50	2.62	162.0	1.5	1.04	0.4	1.6	11.8	66.2	20.0	0.0	—	—	—
A	2.57	5.0	5.6	1.22	0.6	0.6	1.8	5.3	17.7	11.0	21.7	16.3	25.0
B	2.62	3.7	6.6	0.88	0.5	1.2	1.3	5.0	13.5	8.5	22.5	15.0	32.5
C	2.64	6.2	6.9	1.22	0.5	0.8	1.7	9.1	21.0	10.4	16.0	19.0	24.5
D	2.62	3.1	5.1	1.14	1.5	1.0	3.0	4.0	11.5	9.6	18.2	21.2	30.0

第2表　松島灣底土の化學的性狀

Table 2　Chemical properties of bottom materials in Matsushima Bay.

Station. No	Org.-carbon %	Ignition loss %	Total-nitrogen %	C/N	Sulfide %	Soluble inorganic nutrient SiO_3-Si γ/g	PO_4-P γ/g	NH_3-N γ/g
1	3.66	15.0	0.249	14.7	0.54	64	5.0	64
2	3.39	14.2	0.255	13.3	0.50	63	2.2	63
3	2.95	13.2	0.241	12.2	0.54	59	5.6	75
4	3.44	13.5	0.204	16.9	—	71	3.9	34
5	2.51	13.6	0.212	11.8	0.82	70	3.5	40
6	2.48	13.8	0.210	—	0.56	62	2.2	30
7	—	—	—	11.8	0.59	69	5.8	45
8	1.96	11.6	0.170	11.5	0.13	58	5.5	14
10	2.40	12.6	0.189	12.7	0.42	60	4.6	14
11	1.53	9.8	0.127	12.0	0.11	36	4.0	25
12	2.25	10.3	0.177	12.7	0.34	73	3.9	24
13	2.09	9.3	0.141	14.8	0.30	54	2.0	5.1
14	2.65	12.4	0.209	12.7	0.54	87	5.3	30
15	2.36	11.8	0.187	12.6	0.18	63	5.7	60
16	3.00	13.6	0.240	12.5	1.02	110	1.5	9.5
17	2.14	9.1	0.150	14.3	0.47	59	3.1	25
18	2.52	12.1	0.183	13.8	0.34	68	1.0	tr
19	2.82	13.8	0.171	16.5	0.23	31	2.8	6.2
20	3.52	13.0	0.281	12.5	0.67	85	1.8	4.9
22	2.87	12.1	0.238	12.1	0.43	97	4.6	34
23	2.54	11.6	0.215	11.8	0.39	79	3.8	11
24	2.82	11.7	0.190	14.8	0.33	64	3.1	14
25	3.25	12.7	0.239	13.6	0.59	35	1.2	tr
27	3.73	15.2	0.287	13.0	0.80	31	1.0	tr
28	3.50	12.6	0.262	13.4	0.54	110	8.0	4.9
29	2.91	12.4	0.252	11.5	0.86	85	0.8	8.1
30	2.99	11.1	0.188	15.9	0.31	47	2.9	7.9
31	2.66	10.3	0.185	14.4	0.31	39	2.1	19
32	1.61	7.5	0.117	13.8	0.38	27	1.2	tr
33	3.20	12.0	0.241	13.3	0.49	110	3.5	7.4
35	1.95	9.5	0.141	13.8	0.39	21	0.9	tr
36	1.17	6.0	0.104	11.2	0.36	14	0.5	tr
37	3.96	15.5	0.295	13.4	0.63	46	1.0	4.4
40	1.34	7.3	0.100	13.4	0.12	39	1.0	tr
A	3.30	14.5	0.252	13.1	0.70	100	6.7	17
B	3.23	14.8	0.266	12.1	0.70	82	0.8	2.4
C	3.15	12.3	0.209	15.1	0.53	110	1.0	2.1
D	3.90	16.0	0.301	13.0	1.37	80	0.2	2.9

2. 粒 度 組 成



第2圖 比 重 の 分 布
Fig. 2 Distribution of specific gravity of bottom materials.

粒度分布の特徴を知るために、各試料の粒度分析の結果から粒徑加積曲線を描き、これから第1四分位粒徑 Q_1 (first quartile diameter), 中位粒徑 Md (median diameter) 及び第3四分位粒徑 Q_3 (third quartile diameter) を求めた。これらの數値は粗粒部から加算して、25%, 50% 及び 75% に當たる粒徑 (μ) である。これらの數値を用いて、粒度分布の中位粒徑附近の頻度の集中程度を示す sorting coefficient (So), 及び最大頻度を示す粒徑が、中位粒徑よりも微粒な部分にあるか、粗粒な部分にあるかを示す quartile skewness (Sk) を次の數式から求めた。(Twenhofel & Tyler : 1941, Krumbein : 1939)

$$So=\sqrt{Q_1/Q_3}\quad . \quad Sk=\sqrt{Q_1 \cdot Q_3/Md^2}$$

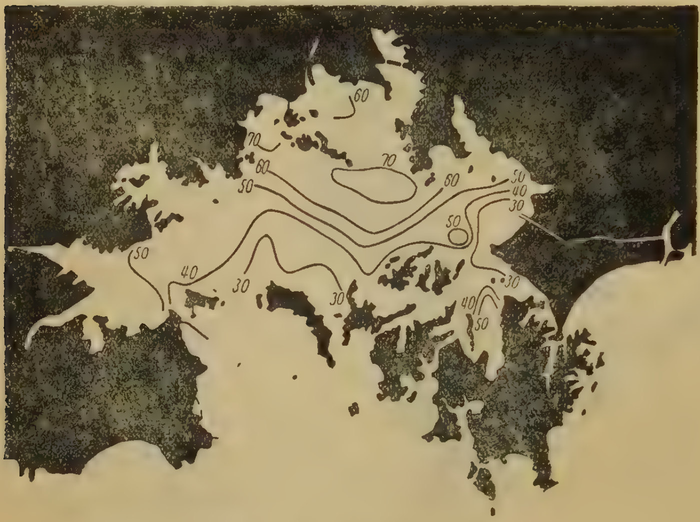
また同様にして加積曲線から、粒徑 10μ 以下及び 100μ 以上の重量百分率を夫々求めた。

松島灣の著しい形態の特徴は、灣口部にある一連の島々によつて、灣内と外海が明確に區分されていることである。しかも灣口部が狹いため、外海からのウネリ等による影響はそれ程大きくない様で、こうした地形上の條件を反映して、灣内の底土は微粒泥が多くなつている。

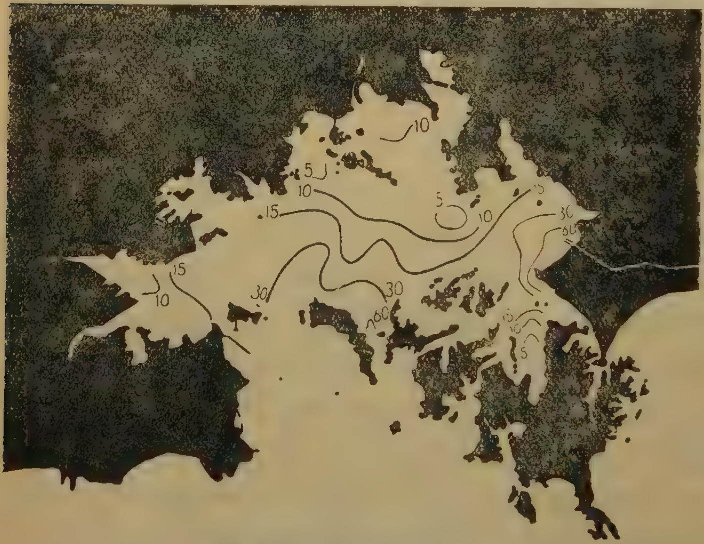
中位粒徑についてみると、灣中央部から奥にかけては、東名運河河口附近を除いて 10μ 以下で、特に松島海岸・高城・手樽寄り及び塩釜港内では 5μ 以下となつている。灣口部に於てもその大部分は100μ以下であり、それが僅かに灣外に出ると急に增大することが知られる。*St.* 42 がその地點よりも外海にある地域に比べて、中位粒徑が極めて大きいのは、沖合の地點よりも淺く、石濱・寒風澤兩水道の影響を受けて水の流動が大きいこと、及び貝殼の細片を含んでいたことによるものであろう。(Fig. 5)

10μ 以下の粒子の含量は、灣中央部から奥部では 50% 以上で (但し東名運河河口附近は 30% 以下)、中位粒徑が 5μ 以下の値を示した地域では、60～76.6% という極めて高い値がみられた。灣口部であつても、10μ 以下の粒子を 20～30% 程度を含有しており、一方中位粒徑でもみられた様に、灣外では劃然と異なり、10μ 以下の粒子は殆んど含有されていない。(Fig. 3)

また 100μ 以上の粒子の含量は、灣中央部から奥にかけては 15% 以下の値であるが、灣口部では 30% 餘を含んでいる。一方灣外ではその殆んど全粒子が、100μ 以上の粒徑を持つた砂質からなつており、灣の内と外ではその海況條件が著しく異なることを示している。また東名運河河口附近では、100μ 以上の粒子が 60% 餘も含有されており、中位粒徑や 10μ 以下の粒子の性狀からも知られる樣に、灣奥に位していながら周邊の地域とは著しく異つた性狀を示している。これは運河の影響によるものか、或は他の特殊な條件によるものかは、今後の調査に俟たねばここでは明かでない。(Fig. 4)



第3圖　10μ 以下の微粒泥の分布
Fig. 3　Distribution of materials finer than 10 microns in diameter. (%)



第4圖　100μ 以上の砂質の分布
Fig. 4　Distribution of materials coarser than 100 microns in diameter. (%)

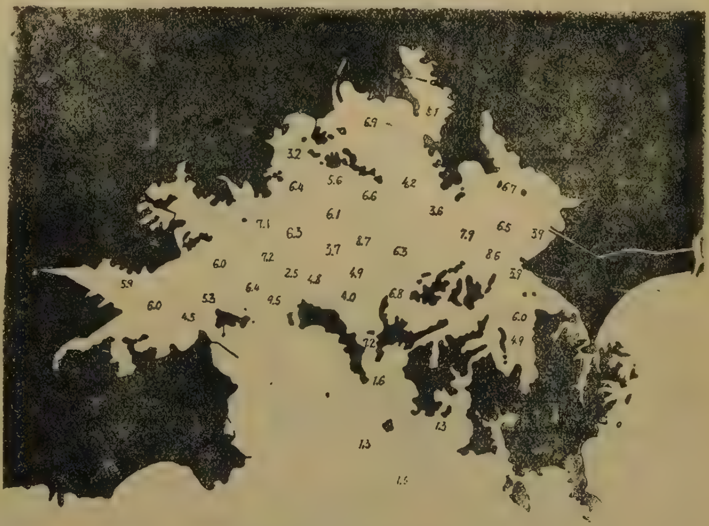
次に *So*(sorting coefficient) 及び*Sk* (quartile skewness) についてみると、第6, 7 圖に示した樣に、先づ目立つのは灣の内と外で顯著な差を示し、それぞれ環境條件の著しい相違を表わしていることである。即ち灣外では *So* が 1.3〜1.6, *Sk* が1.00〜1.04 で、頻度は中位粒徑に著しく集中し、正規型に近い分布型を示している。それに反し灣の内では桂島周邊・東名運河河口附近、その他の一部を除いて、*So* は 5.0 以上、中には 8.0 を超える大きい値を示し、また *Sk* は 1.00 以上或は以下のかなりかけ離れた値を示して、頻度の集中程度が著しく

悪く、歪んだ分布をしている。

これらの中位粒徑, So 及びSk等と地形條件を考慮に入れて、夫々の地域の底質の性狀について検討してみる。灣の外では潮流或はウネリの影響を受けて、水の流動が大きいため、微細粒子の沈澱がみられず、分布巾も割合に狹く、中位粒徑に近い粒子のものが多く含有されている。一方灣の内では、潮の干滿によつて金島水道、及び石濱水道からの潮流の影響を割合に強く受けると思われる桂島周邊は、他に比して So, Sk 共に小さい。これは外海から運ばれた粗粒物の沈澱とか、或は流れの影響によつて微粒物が淘汰されているためである。石濱水道の St. 40 及び金島水道の St. 8では、前者は So=7.2, Sk=0.24, 後者は So=9.5, Sk=0.54 という値を示して、Soの値からは一見粒度の淘汰が良くない様にみえる。これを第8圖のヒストグラムについてみると、St. 8 では 90μ 前後に、St. 40 では 600μ 前後に、モードの形成がかなり明かにみられ So 値に見られる狀態とは少しく異つている様である。これらの地點は潮流が早いにもかかわらず凹地であるために、底土は潮流の影響を受けることが比較的少く、微粒部分の淘汰が緩慢である反面、干滿流の方向が變

第5圖　中位粒徑の分布

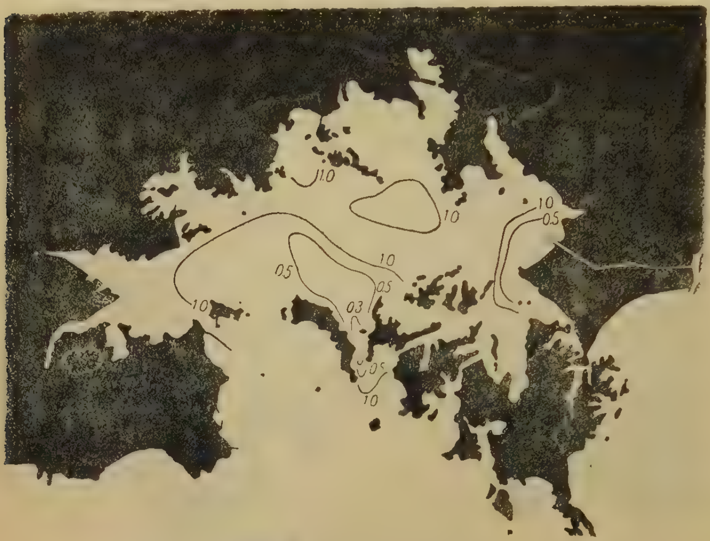
Fig. 5　Distribution of median diameter (Md) of bottom materials.



第6圖　S_O の分布

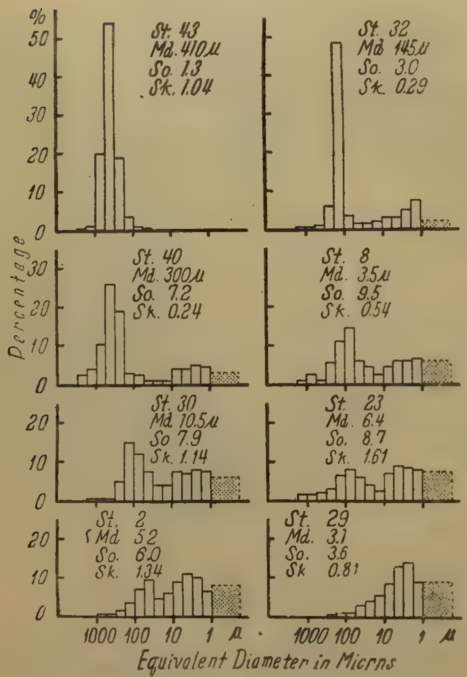
Fig. 6　Distribution of sorting coefficient (S_O) of bottom materials.

わる潮流の衰退時などに、粗粒物のみでなく微粒物の沈澱が起こる。そのために微粒・粗粒の粒子が混合して、廣い分布巾を持つているものの様である。ヒストグラムから知られる様に、この傾向は*St.* 40では特に著しい様で、10〜100μ 間の粒子の頻度が、その前後の粒子に比して極めて小さく、前述の様な條件を反映して、10μ 以下の微粒子と、100μ以上の粗粒子が混合されており從つて分布型もこの2つの集團をつなぎ合わせた型を示している。この場合100μ以上の粒子についてみると恐らく*So*は著しく小さい値となるであろうが、10μ 以下の粒子の含量も概して少くないため*So*が大きい値を示したものと考えられる。これは灣外の砂質から、灣奥の泥質へ移行する灣口部の砂泥質地域に於ける粒度分布を、特徴づけているものと思われる。金島水道からの潮流の影響を受けると考えられる馬放島・内裡島及び在城島の周邊は、灣奥部或は桂島周邊と少しく異つた性狀を示し、中位粒徑と*So*が概して大きく、一方*Sk*が少しく小さい値を示している。これはこの地域の底層流の動きが比較的活潑であることを示すものであろう。また東名運河河口附近は、*So*=3.9, *Sk*=0.3 前後、*Md* は 100μ 以上、で微粒部分がよく淘汰され、他に比して頻度は集中的である點が注目される。*St.* 28, *St.* 29 及び *St.* 33 の *So* は3.2〜4.2で、周圍の地域に比して小さく、しかもこの場所の中位粒徑は4μ 以下で、微細な粒子の頻度が大きくなつていることは特筆される。



第7圖　S_k の 分 布

Fig. 7　Distribution of quartile skewness (S_k) of bottom materials.

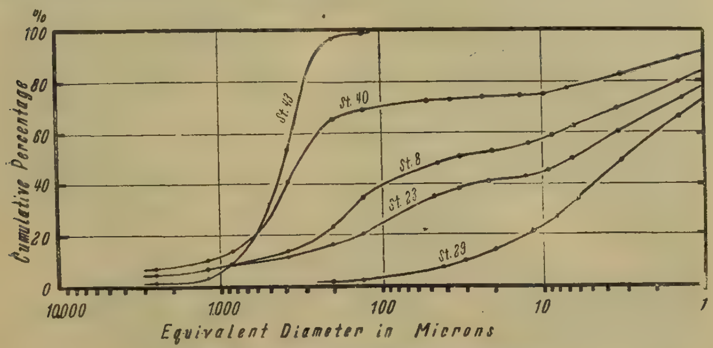


第8圖　底土の代表的な型のヒストグラム

Fig. 8　Distribution of particle size in bottom materials represented by histograms.

3.　有機炭素・灼熱減量・全窒素並びに C/N

化學分析は灣内からえられた試料についてのみ行い、砂質の灣外の試料については行わなかつた。有機炭素、及び全窒素の分布は類似しており、一般に灣奥部の特に入り込んだ地域は高い値を示し、灣口部に近づくに從つて低くなつている。灣の東から北にかけての奥部、及び塩釜港内で高い値を示しているのは、以下の事由によるものであろう。即ち灣奥部では比較的流速が緩慢で、しかもアマモが密生しているので、底土への有機物質の堆積が大きい。また塩釜港ではアマモの繁茂はみられないが、市街地から有機汚水が流入して、有機物質が底土表面に沈澱することに原因していると考えられる。東名附近でその周邊の地域よりも、低い値を示しているのは、粒子組成の分布からも知られる様に、水の流動が大きいために、微細な有機物質の含量が少くなつているのであろう。また灣中央部（*St.* 16）に有機炭素量の多い地域が存在しているのが注目される。灼熱減量の分布は特に圖示しなかつたが、有機炭素や全窒素と同様の傾向で分布している。



第9圖　底土の代表的な型の加積曲線

Fig. 9　Cumulative curves of particle size in bottom materials

第10圖　有機炭素量の分布

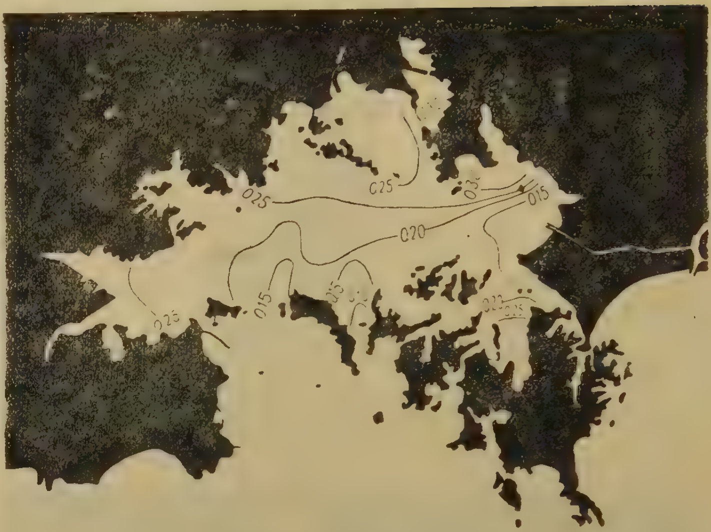
Fig. 10 Distribution of organic carbon of bottom materials. (%)

C/N についてみると、最大 16.9, 最小 11.2 で、全體の平均は 13.3 となつている。金島水道・代ヶ崎水道周邊から灣中央部にかけて、C/N 13.0 以下の値が分布しており、この地域は比較的よく外洋水の影響をうけて、有機物の分解が圓滑に進んでいるのであろう。これらの地域に對し、灣奥部で概して高い値を示しているのは、水の動きが緩慢のため、多くの有機物の沈澱を可能にし、またそれらの分解速度も遅く、未分解部分を多く含有することによると考える。石濱水道・寒風澤水道附近も、灣奥部と同様に少しく高い値を示しているのが目立つ。また東名運

河河口部では、他の成分と同様 C/N の價も低くなつている。

4. 硫　化　物

上記有機物質と同様、灣奥の入り込んだ地域、手樽・里浦で高い値を示し、灣口部の値は低くなつている。特に *St.* 8, 11, 15 と楔形に 0.2‰ の等分布線が入り込んでいることは、この地域が金島水道の影響を比較的強く受けていることを意味するのであろう。有機炭素でもみられたと同様に、灣中央部に硫化物含量の高い地點が存在している。また *St.* 33, C, 35, 36（高城川川口・東名運河河口附近）では灣奥に位しているが、その割に含量が少いことも目立つている。(Fig. 13)



第11圖　全窒素量の分布

Fig. 11　Distribution of total nitrogen of bottom materials（%）

第12圖　C/N の　分　布

Fig. 12　Distribution of rate of carbon to nirogen, C/N, of bottom materials.

5. 可溶性無機榮養塩

底土中の可溶性榮養塩のもつ生態學的意義については未だ不明の點も多い。しかしここに得られた可溶性無機榮養塩の値は、その偏差が有機炭素・全窒素・全硫化物等に比して大きく、それら成分の分布とはその傾向が著しく異つていることが特筆される。

SiO_3-Si についてみると、東名・里浦寄りの地域が、外洋水の影響を受け易い *St.* 11, 40 と共に小さい値を示した。特に里浦附近・大塚附近（*St.* 37）の有機炭素等の値が高かつた地域で、低い値を示しているのが注目される。高城川川口附近の値が高いのは、川の影響によるとも考えら

れるが、ここにえられた資料だけでは必ずしも明かでない。また灣中央部の St. 16 では有機炭素・全硫化物と同様高い値を示している。

PO_4–P では、松島海岸寄りの St. 23 が最も大きく、この地域と塩釜港内を除いて、他のアマモの密生している灣奥部では、有機物質及び硫化物の分布とは逆に、著しく小さい値を示している。金島水道附近で割に高い値を示し、灣中央部（St. 16）でこれまでの種々の値とは逆に、周圍の地域よりも小さい値を示していることは著しい點である。

第13圖　硫化物量の分布

Fig. 13　Distribution of total sulfide of bottom materials. (‰)

NH_3–N については、PO_4–P の分布とよく類似し、高城・東名・里浦寄りの地域で低い値を示した。また PO_4–P の場合と同様、St. 16 は少しく低い値を示した。St. 15 が周圍の地點に比して著しく高い値を示したが、この理由は明かでない。

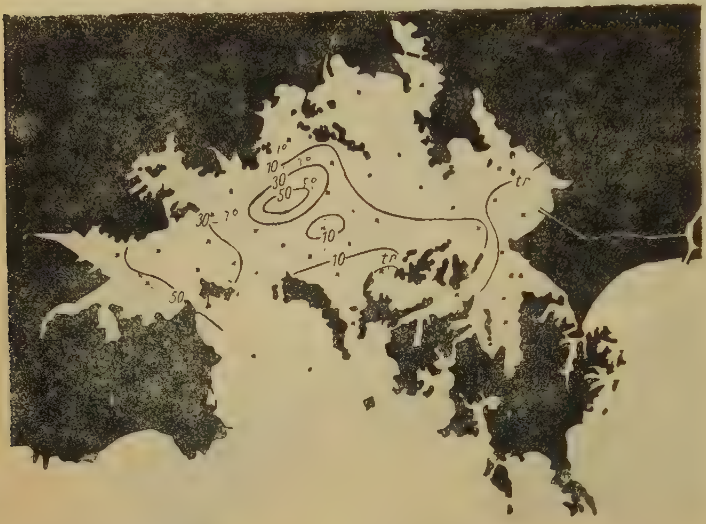
第14圖　SiO_3–Si の分布

Fig. 14　Distribution of SiO_3–Si of bottom materials (γ/g)

これまでの調査では可溶性無機榮養塩の含量は季節的にも、底土の深度によっても、可なり變動する様である。ここに得られた値は、8月9月頃の水温の高い時期に測定されたものであり、またエクマン型採泥器に入つた數 cm から 10 數 cm の厚さの泥土を、上下よく混合して測定に供したもので、得られた試料の凡そ平均化された値として表われている點等、一應留意を要すると考える。

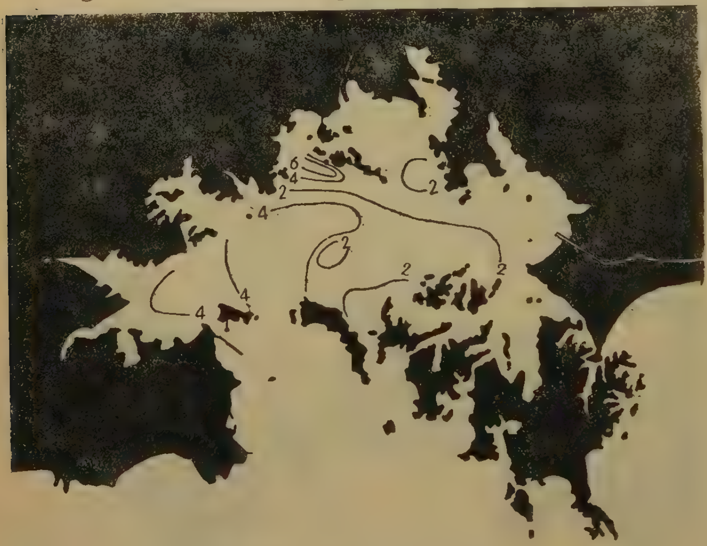
考　　　察

内灣に於ける底土の性狀は、その灣の周邊を構成する地質・海底地形及び潮流・波浪などの海水の運動によつて左右されまたそこに棲息する生物群の狀態や河川・都市から搬出される淡水・汚染水も大いに關連してくる。從つて底質の分布は、これらの環境要素を反映して、種々の複合要因が集約された狀態を示し、水界に於ける環境條件を可なり指標するものと思われる。特に灣口部が狹く外海との交流が比較的少い内灣では、底質の性狀からその灣の環境狀態を或る程度まで推測することもできるであろう。この様な觀點から以上に述べた調査結果についてさらに考察を加える。



第15圖　PO_4-P の 分 布

Fig. 15　Distribution of PO_4-P of bottom materials. (γ/g)



第16圖　NH_3-N の 分 布

Fig. 16　Distribution of NH_3-N of bottom materials. (γ/g)

松島灣は灣口にある多くの島々によつて、外海との流通が著しく制限せられ、代ヶ崎・金島・石濱・寒風澤及び鰐ヶ淵の比較的狹隘な各水道によつて通じているために、粒度分布からも知られる如く、灣内は外海の影響を受けることは少い様である。灣内はすでに述べた様に、大部分 2～3 m 程度で極めて淺く、灣口部・塩釜港及び澪筋を除いてはアマモが密生している。また貞山・東名の兩運河及び高城川から淡水が流入して、灣内水の塩素量は灣口部を除いて、18 ‰ 以下の値を示すことが多い。塩釜港内では市街地・加工場或は停泊する船舶からの汚水で、海水は汚染されることが多い。松

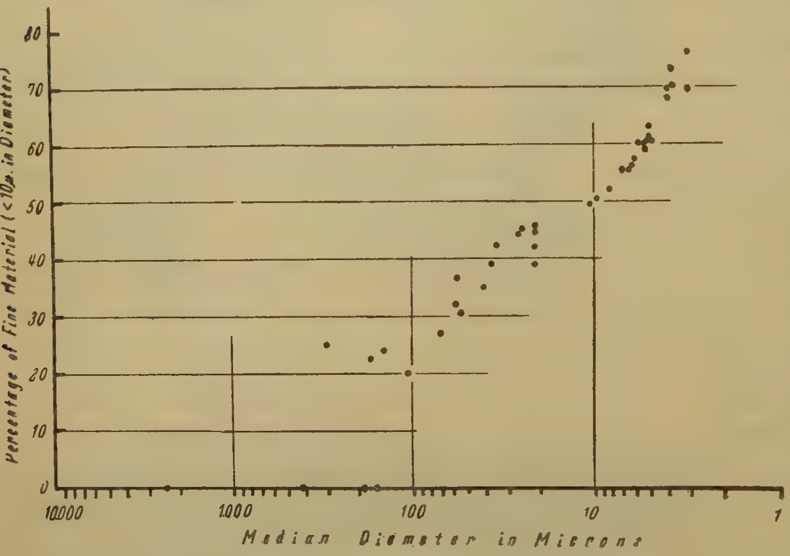
島灣はこの様な地形・海洋學的條件及び寄生するアマモを含む生物群によつて、底土の性狀は制約され、また底質はこれらの條件と共に、この灣の生產の様相を特色づけているものと考える。

底土の粒子組成について概觀すると、灣内のすべての地點は 10μ 以下の微粒子を含有し、わづかに東名運河河口附近（*St.* 32, 36）が砂泥質の組成を有しているに過ぎない。このことには、この灣を圍む陸地や島々を構成している岩石の風化或は浸蝕によつて生成される粘土質の供給も、地形、海況要因及び灣内での有機物の生產構造等の條件と共に、大いに關連しているものであろう。一方外海の底土は砂質か、又はその上に貝殼が堆積しており、10μ 以下の微粒子は殆んど含有されていない。貝殼の堆積は *St.* 44, 45, 46, 48 及び 51 等に特に多く、採集された試料の殆んどは大小の貝殼碎片であつた。底土の粒度分布は、その地域の底層水の流動をよく表現しているものと思うが、奥村（1937）は生浦灣に於て、灣の各斷面の大潮時の平均流速を算出し、これと底質の分布狀態との關連性について檢討している。松島灣の潮流の狀況は、第二管區海上保安本部の調査（1954）によると、この灣の 5 水道の中、金島水道及び石濱水道からの流出入が優勢で、前者は 0.5～0.6 *Kt*, 後者は 0.5～0.75 *Kt* の流速で上げ潮時に流入する。金島水道から流入した主流は、灣内中央部を東名の方向へ北東流し、一部は北西へ西流して松島海岸・濱田澪及び塩釜港方面へ流れる。石濱水道からの流れは、同様にして灣中央部を北東流する。また下げ潮時に於ては、殆んど同じ經路を逆流して灣外に出るが、石濱水道を流れる流速は、上げ潮時よりも增して 0.8～1.25 *Kt* となる。この潮流調査は海面下 1 m 層について行つているが、これまで述べた本灣の底質分布は、これらの潮流の勢力狀況をよく反映している様である。

堆積學方面で堆積物の動的過程を知る方法として、使用されている quartile measure によつて、松島灣の底質の粒度組成について檢討を行つた。すでに淺野・三位等（1954）は、松川浦に於てこうした方法を導入して、堆積學的研究を行つている。淺い内灣や淺海底土の sorting の要因としては、Inman(1947）も述べている様に、干滿の差による周期的な潮流に伴う水の運動であろう。Trask は *So* が 2.5 以下であれば、底土はよく sorting されているものであり、4.5 以上の値を有する場合には、sorting が不良であると述べている。(Svedrup. etc : The Oceans.）しかしこの様な四分位値を用いての說明には、第 1 四分位粒徑以上，或は第 3 四分位粒徑以下の粗粒部及び微粒部に關しての考慮が缺けているので、その點注意を要するであろう。ここにえられた試料では、*So, Sk* 及び *Md* は、共にその地域によつて大きく値が變動している。第 8 圖のヒストグラムはこれらの値と粒度分布の關係を、いくつかの例について示したものである。灣外の砂質の地點（*St.* 43）では、*So* は 1.3～1.6, *Sk* は 1.00～1.04 で極めてモードの明かな對稱な單峯分布をしている。それが灣口部及び東名運河河口附近等の砂泥質になると、（*St.* 8, 40, 32）單峯分布と矩型分布をつなぎ合せた型の分布を示している。さらに泥質の地點（*St.* 2, 23, 30）では、モードの形成が明かでなく、矩型分布となつてくる。

第 8 圖のヒストグラムで、砂泥質及び泥質地點の粒度分布のうち10μ 以下の粒子が特異な分布

を示している點が注目される。即ちモードよりも粗粒部では、粒徑の増大と共に頻度が漸減する様な分布を示して、むしろ一般的な型をとつている。しかるに10μ以下の粒子の分布は、中位粒徑の大いさに關係なく、ほぼ矩型分布をしていることである。この點について留意しておく必要があると思うので以下に少しく言及する。底土中の微細部分は海水中から沈澱したものと考えられるが、一般に粒子は粒徑が小さくなる程沈降速度は遲くなる。また海水の運動が大きい程微粒子の沈澱は妨げられ、底土中の微粒部分の含量は低下するものと思う。そのことは第17圖に示した様に、10μ以下の粒子の含量の全體に對する比率が中位粒徑の増大と共に、ほぼ直線的な關係で減少している點からも窺い知ることが出來る。從つて第8圖中の10μ以下の粒子についても、より小さな粒子ほどその頻度は小さくなるべきであるが、10μ以下の粒子は中位粒徑の大いさに關係なく（即ち底層水の流速の緩急に關係なく）、どの徑の粒子も同じ程度の頻度を持つている。換言すると、この範圍の粒徑では、徑の大小によつて沈降速度が變らず、粒子の沈降速度の法側とは矛盾した結果となつている。しかしここに示した粒度分布は、底土を豫め水洗して塩分を除去し、解膠して後測定した結果であり、實際上海水中では、その中に含まれている電解質のために、微粒子は互に凝固して、見かけ上は眞の粒徑よりも大きな粒子として浮游しているのが普通である。第8圖中の10μ以下の粒子が、理論上考えられない様な矩型分布をしていることは、測定した粒子の眞の粒徑と、海水中での見かけ上の粒徑の違いによつて生じたものと考えられる。從つて海底に沈降してくる浮游泥の見かけ上の粒度分布では、この様な微粒部分の頻度は小さくなつているであろう。



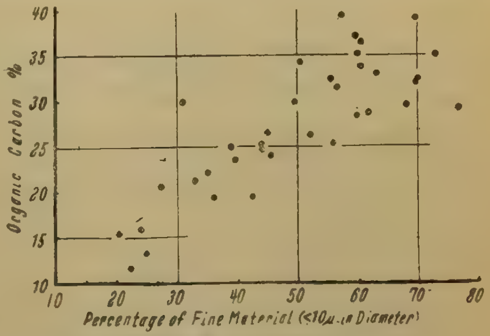
第17圖　中位粒徑と微粒泥量（10μ以下の）との關係

Fig. 17　Relation between median diameter and contents of material finer than 10 microns in diameter.

尾原（1937）が下田灣で底土の比重を測定した値は 2.1～3.0 程度で、3.0のものは主として磁鐵鑛の細粉であつたことを報告している。また加藤・松平（1940）は別府灣で同様に測定し、1.5～5.9, 平均して 3.7という結果をえた。松島灣の場合は、2.3～2.7の範圍で、大部分 2.5～2.6

程度の値を示し、下田灣や別府灣の測定値に比して最大値は低い値を示している。また別府灣の場合の様に著しく變動していないのは、この灣の泥土は比較的單純な組成を持つていることを意味するのかも知れない。少しく低い値を示した二三の地域では、植物の破片・貝殼の砕片・珪藻の遺骸等の混入が多い程、比重は低下している樣であつた。尾原は下田灣の場合、底土の比重は水勢を鋭敏に反映して動き、海況の季節的變動の指標となることを示している。しかし松島灣に於ける筆者等の1時期の調査では、その樣な點についての吟味は行い得なかつた。

有機物質についてみると、有機物を示標するものとして、有機炭素・全窒素及び灼熱減量を測定した。灣全體としてみると、有機炭素量は最大3.96%，最小1.17%で平均2.72%、灼熱減量は最大16.0%，最小6.0%で平均12.1%、全窒素量は最大0.301%，最小0.100%で平均0.207%となつている。谷田・加藤及び筆者の一人奥田（1950～1951）が、これまで調査した函館港・室蘭港及び本灣と同樣に灣口が狹隘でアマモが密生している有珠灣等に比して、その含量は比較的高い樣である。これは粒子組成の分布からも知られる樣に、海水の流動が弱いために、生産された或は流入した有機物質の多くが，灣内底土に沈降堆積することに原因しているのであろう。有機炭素と10μ以下の粒子含量との關係についてみると、第18圖の樣に明確な直線關係がみられる。即ち微粒泥は無機的な粘土質だけでなく、むしろ多くの有機物質からなつていることが知られ、恐らくプランクトンその他動植物の分解過程にある微細な遺骸を多く含んでいるものと考える。C/Nの平均値は13.3で、金島水道附近及び灣中央部の地域と灣奥部では明かにその値が異なつている。これは兩海域へ沈澱する有機物量の違いや，それら有機物の分解速度の違いが原因していると考える。前述の樣に、この灣内の有機物含量は比較的多い樣であるが、異常に大きなC/N値がみられないのは、この灣は水深が淺いため、光・酸素・溫度等の條件が好適で、有機物の分解が割合に順調に進行していることに原因するものであろう。松島灣の底土の多くは、表層部が酸化されて茶褐色を呈しているが、内部は黑色で還元的狀態の發達を示している。底土中の硫化物は有機物質が微生物により、嫌氣的狀態で分解される際に、硫酸塩の還元等の過程を經て形成される。硫化物の分布は、有機物質の分布とその傾向はよく類似しており、硫化物の生成が有機物質の含量と關連性をもつていることを示している。



第18圖　有機炭素量と微粒泥量（10μ以下の）との關係

Fig. 18　Relation between organic carbon contents and contents of material finer than 10 microns in diameter.

これまで多くの人々によつて、底棲動物・魚類或は牡蠣の棲息が、底土中の有機物及び硫化物の含量と關連性のあることが報告されている。增井（1941）は波浮港に於て、9m以深の地域は底

棲動物の非棲息區となつているが、これはその地域の底土が黒色を呈している點から、海水の停滯によつて誘起される溶存酸素の減少及び底土中の硫化物の蓄積によると推論している。加藤・石塚（1949）は陸奥灣のホタテガヒの分布が、底土の物理的條件のほかに、腐植質その他の化學的條件にも制約されうると報告している。また清石・富山（1942）は濱名湖で牡蠣の斃死率が、底土中の有機物並に硫化物量により支配され、硫化物1‰以上，或は有機物8％以上を含む底土が存在する養蠣場は牡蠣の棲息に危險であると報告している。同氏等が得た濱名湖の値は、一般に養蠣場では、硫化物1‰以上（最高6.76‰）のものが多くなつており、硫化物1‰以上の場所では、有機物（灼熱減量）は約9％以上（最高20.4％）であることが示されている。一方松島灣では硫化物1‰以上の含量を示した地點は、*St.* 16，Dの2地點だけで（最高1.37‰）、濱名湖に比してその含量が著しく少いことが注目される。しかるに有機物（灼熱減量）は、最高値は16.0％で濱名湖には及ばないが、大部分が10％以上の値を示して、概してその含量は大きい。假に濱名湖に於ける限界量を松島灣に適用してみると、有機物含量から判斷すればカキの養殖場となつている地域では、その含量は大部分10％以上の値を示していて、すでに危險狀態に達しているといえる、しかし一方硫化物含量では、1‰を超える場所は殆んどみられず、硫化物含量からは、危險な狀態になつているとはいい難い。事實濱名湖で屢々みられた様な、牡蠣の異常斃死現象について、松島灣では殆んど聞いていない。この事實は、濱名湖に比して松島灣では、有機物含量の割合に硫化物の含量が小さいことによるものであり、さらにそのことは松島灣の水深が淺いこと、そのために日光・酸素等の底土への供給が豐富で、濱名湖に較べて底質が比較的酸化的な狀態に置かれていることによると考えられる。この點は松島灣の1つの特徴をなしている様であり、この灣でカキの異常斃死のみられない原因には、この様に底質が安定した狀態にあることも關連しているものであろう。

次に可溶性無機榮養塩は、これまでの有機物や硫化物とは、その分布の傾向が著しく異なり、一般に有機物含量の高かつた灣奥部（塩釜港内を除く）では、却ろ逆に可溶性榮養塩の含量は低くなつている。その傾向は、SiO_3–Siでは必ずしも明かでないが、PO_4–P 及び NH_3–N では著しい。この可溶性無機榮養塩の低くなつている地域の殆んど全部は、アマモの密生する場所となつている。從つてアマモの生育のために、底土中に含まれている可溶性無機榮養塩が消費され、底土中の含量が低くなつているものかも知れない。しかしこの調査時期は丁度アマモの活動が停止し、その多くは枯死（一部のアマモは殘存する）してしまう時期に當つているので、こうした推定が正しいかどうかは疑問の餘地がある。

塩釜港内と上述のアマモの密生している灣奥部（例えば里浦の *St.* 25, 27）では、有機炭素や硫化物の含量は同じ様に高い値を示しているが、一方可溶性無機榮養塩では著しく異つた傾向を示したことについて、特に留意してみたいと思う。今この兩地域の底土に含まれている有機物の供給源についてみると、その海域で生産されたプラクトンや底棲生物のほかに、大きな給源として

は次の様に考えられる。即ち塩釜港では、主として市街地・加工場或は船舶からの有機汚水中に含まれる微細有機物で、一方里浦では、そこに生育するアマモに、多くが起因していると考えて大過ないであろう。從つてこの兩地域では、量的には有機物含量が同様であつても、明かに質的に著しく異なつている。Cooper (1935) は動物性プランクトンと植物性プランクトンでその分解速度が著しく異なり、分解の結果遊離する燐酸塩は、動物性プランクトンの場合は極めて急速であることを示した。また Waksman (1933) は藻類のバクテリヤによる分解は、化學成分を異にする藻類の間では相違し、分解速度に著しい遲速のあることを述べている。從つてアマモ地帶と塩釜港での有機物の質的な違いによる有機物の分解過程も自ら相違するものと想像される。有機物質の分解過程で、最終的に生成するといわれる可溶性無機榮養物質が、有機物含量の同じ兩地域で著しく異つた傾向を示すことは、以上の様な含有される有機物質の質的な違い乃至はその分解の難易の差等の理由も原因しているのであろう。この様な點に關しては、水質との關連と共に、今後さらに研究を進めていきたいと考えている。可溶性無機榮養塩の分布は、それが生態學との關連性は必ずしも明かでないが、內灣底質の化學的性狀を考察する上に、何らかの知識を與えるものと期待される。

灣中央部（*St.* 16）で有機炭素・全窒素・全硫化物及び SiO_3-Si が、共に高い値を示していることが注目される。この地點の試料中には、珪藻の遺骸（Biddulphia sp. が大部分）が他に比して著しく多く混入されており、また底土の比重も他と比較して低い値を示している點からみて、異常に多くの珪藻の死殼が堆積されたことに原因しているものと考えられる。この地域の水深は周圍と大差なく、地形からみてこの附近に渦流が形成されて、この地點がその中心部に當つているものとも考えられるが、詳細は明かでない。

以上に述べた様に、松島灣の水深は淺く灣口が狹い。こうした地形上の條件が大きく原因して、灣內の潮流は概して弱く、そのために澪等の比較的流速の强い地域及び海水の汚染されることの多い塩釜港內を除いて、アマモが密生して灣內の生產様相を特徵づけている。このアマモの繁茂は、また潮の流通を妨げる結果ともなつて、微細粒子の沈澱を助長し、灣內の底質は極めて微細な泥質となつている。さらにこのアマモは、市街地から流入する有機質やプランクトンと共に、底土への有機物質の供給源となり、底土中の有機物の含量を著しく高めている。しかし水深が淺く、酸素の供給が豐富なためか、有機物含量の大きい割に、C/N は異常にかけ離れた數値を示さなかつた。硫化物含量も有機物量の割合には大きくない様で、沈澱した有機物質の分解も、順調に進捗しているものの様である。從つて沈降した有機物質が分解し、無機化した榮養物質の海水中への還元量及びその速度も可なり大きいものと想像される。

摘　　要

松島灣は大小多くの島々によつて圍まれ、比較的狹隘な5つの水道によつて外海と通じている。

灣内は東名運河・貞山運河及び高城川から淡水が流入し、澪などの一部を除いて2～3mの水深でアマモの繁殖が著しい。こうした地形上の條件を大きく反映して、灣内の潮流は概して弱く、底土は微細な粒子からなつている。底土の性状を知るために、比重・粒度分析と共に、有機物質（有機炭素・灼熱減量・全窒素），硫化物及び可溶性無機榮養塩（SiO_3–Si・PO_4–P・NH_3–N）などの化學分析を行い、次の様な結果がえられた。

（1）比重は 2.3～2.7 を示し、大部分は 2.5～2.65 程度の値であつた。

（2）粒子組成は灣口部を境として、灣内と灣外との性状が劃然と異なり、灣外では砂質であるのに反して、灣内では微細な泥質となつている。中位粒徑（*Md*）についてみると、灣奥では 10μ 以下で、灣口部でも大部分 100μ 以下の値を示している。一方灣外では 10μ 以下の微粒子は全く含まれず、大部分が 100μ 以上の粒徑を持つたものからなつており、中位粒徑も 150μ 以上となつている。

（3）*So*, *Sk* 及び中位粒徑（*Md*）の各値を求めて、粒度分布との關係を吟味し、さらにそれらの値から底土の性状について考察した。

（4）硫化物は 0.11～1.4% の範圍で、灣奥部で高く、灣口部で低くなつているが、概して 0.50% 前後の値を示す地點が多かつた。

（5）有機炭素・灼熱減量及び全窒素の分布は、硫化物の分布と極めてよく類似している。有機炭素は 1.17～3.96%，灼熱減量は 6.0～16.0%，全窒素は 0.100～0.301% を示した。また *C/N* は 11.2～16.9 であつた。

（6）有機炭素量と 10μ 以下の粒子の含量との間には、正の相關性が認められる。

（7）C/N 値や硫化物含量からも知られる様に、沈澱した有機物質の分解は、概して有機物含量の大きい割合に、順調に進捗しているものの様である。これは水深が淺いため、底土への光・酸素などの供給が豊富であることによると考える。

（8）可溶性榮養塩含量の分布は、有機炭素等の分布とは可なりその傾向を異にし、有機炭素量等の大きい値を示した地域でも、榮養塩含量は必ずしも高い値を示さなかつた。

参　考　文　献

（1）最上　武雄（1951）：土質力學　岩波書店

（2）富山　哲夫・神崎嘉瑞夫（1951）：底土に含まれる硫化物の少量定量法　日本水産學會誌　第17巻 第5號　pp. 115～121.

（3）奥田　泰造（1953）：内灣底土中の可溶性榮養塩について　第1報　底土中に含まれている可溶性榮養塩についての一考察　東北水研報告　第2號　pp. 109～117.

（4）日本氣象學會編：海洋觀測法

（5）Twenhofel, W. H. & Tyler, S. A. (1941)：Methods of study of sediments. McGraw-Hill Book Co.,

（6）Krumbein, W. C. (1939)：Graphic presentation and statistical analysis of sedimentary data. Recent Marin sediments, Edited By Trask. pp. 558～591.

(7) 奥村　和夫 (1937)：志摩國生浦灣の底質分布の原因とこれによつて知られたる海底水の流動・地球　第27卷　第6號　pp. 434〜446.

(8) 山内保安官 (1954)：松島灣および塩釜港の潮流について（その1）水路月報　第5卷　第2號　pp 13〜21.

(9) 淺野　清・三位　秀夫 他 (1954)：福島縣相馬郡松川浦の生態學的並に堆積學的研究　堆積學研究　第6號　pp. 1〜18.

(10) Inman, D. L. (1950): Submarine topography and sedimentation in the vicinity of Mugu Canyon, California. Beach Erosion Board Technical Memorandum. No. 19.

(11) Svedrup, H. U., Johnson, M. W. & Fleming, R. H. (1946): The Oceans their physics, chemistry, and general biology Prentice-Hall, Inc.

(12) 尾原　信彥 (1937)：下田灣底質の配列及び移動　海と空　第17卷　第9號　pp. 347〜369.

(13) Obara, N. (1938): Studies of the bottom material of Simoda Bay, Idu Peninsula. Records of Oceanographic Works in Japan, vol. 10, No. 1.

(14) 加藤　威男・松平　康男 (1940)：別府灣の底質諸性狀　海洋時報　第12卷　第3號　pp. 515〜524.

(15) 谷田　專治・加藤　健司・奥田　泰造 (1950)：貝類棲息地の環境條件に關する研究（第一報）函館港について　北大水產彙報　第1卷　第1號　pp. 1〜10.

(16) 加藤　健司・谷田　專治・奥田　泰造 (1951)：貝類棲息地の環境條件に關する研究（第二報）室蘭港について（その一）北大水產彙報　第1卷　第2號　pp. 66〜76.

(17) 谷田　專治・加藤　健司・奥田　泰造 (1951)：貝類棲息地の環境條件に關する研究（第三報）室蘭港について（その二）北大水產彙報　第2卷　第3號　pp. 220〜30.

(18) 加藤　健司・谷田　專治・奥田　泰造 (1951)：有珠灣の水質及び底質について　北水試報告　第8號　pp. 39〜68

(19) 增井　哲夫 (1941)：波浮港に於ける硫化物の堆積と底棲群聚　水產學雜誌　第49號　pp. 66〜71.

(20) 加藤　健司・石塚　孝成 (1949)：海洋底質の化學的研究　第1報　陸奥灣に於ける底質腐植質の分布に就いて　水產學雜誌　第54號　pp. 7〜12.

(21) 清石　禮造・富山　哲夫 (1942)：濱名湖に於けるカキの斃死と底土中の硫化物含量との關係　日本海洋學會誌　第1卷　第1, 2號　pp. 75〜84.

(22) Cooper, L. H. N. (1935): The rate of liberation of phosphate in sea water by the break-down of plankton organisms Marine Biol. Assn. U. K., Jour., vol. 20, pp. 197〜200.

(23) Waksman, S. A. Corey, C. L. & Reuszer, H. W. (1933): Marine bacteria and their rôle in the cycle of life in the sea. I. Decomposition of marine plant and animal residues by bacteria. Biol. Bull., vol. 65, pp. 57〜79.

松島灣の水產資源に關する基礎研究
第2報　松島灣の底棲生物群集

山　本　護　太　郎
（東北大學理學部生物學教室）

FUNDAMENTAL INVESTIGATION ON THE MARINE RESOURCES OF MATSUSHIMA BAY
II. BENTHONIC COMMUNITIES IN MATSUSHIMA BAY

By
Gotarô YAMAMOTO
(Biological Institute, Tôhoku University)

Since the studies on the benthos by Petersen (1918), many reports on the benthos of the sea and the lake have been published. From these reports it was concluded that the composition, individual number and weight of the benthos are parallel with the production not only of bottom dwelling fishes such as flat fishes but also of all organisms in the area. Consequently the mentioned characters of the benthonic communities are useful as an indicator of the general production of the water area. The scope of the present study is to clarifing the characters of the bay and its vicinity.

The bottom organisms were collected from August to September of 1952 by a modified Ekman-Birge's bottom sampler with an opening of 1/44 sq. m. at 50 stations in the bay (Fig. 1). The samplings were made at each station. The individual numbers of each species are represented as percentages per total individual number of all species composing the benthos at each station respectively (Fig. 2). The bars in these graphs are shown as the range of occurence probability in the level of 90 per cent confidence. Here, the overlapping or not of each two bars in each species indicate the equal or different distribution respectively at each station. Thus five different areas of distribution of benthos were obtained, *viz.* I–V benthonic communities (Fig. 1). Each community is characteristic in the composed dominant species. Anyone of the communities, however, is not sharply distinguished from the others, but is in dynamical relation with each other. The numerical and gravimetric populations in each community ground are shown in Table 1.

From the results mentioned above the following conclusions are reached:

1. The distribution of the benthonic communities in the bay seems to run parallel with the amount of organic carbon in the mud. Judging from the fact the benthos

depends probably upon the current of the bottom waters and its induced factors.

2. The direction of streaming and amount of inflowing of the bottom sea water are presumably based upon the configuration of the benthonic communities. Inflowing of the open sea water is most remarkable in the area of the fourth community. Besides, the other inflows of the open sea water are effective more or less to the benthos in the straits between the islands. In general, the water in the bay especially in the area of the first community seems to be stagnant from the dominant distribution of *Macoma* and *Brachidontes*.

3. The bay is referred to the eutrophic type due to the high occurrence of molluscs and to the high gravimetric population of the benthos per unit area.

4. From an ecological point of view, the benthonic communities of the bay may be a chain of successional series from the marine benthonic community to the fresh water one, or *vice versa*.

5. Above-mentioned directions of inflowing open sea water should be taken into consideration in the arrangement of the oyster and laver rafts.

I. ま　え　が　き

内灣や潟湖のように環境變化のいちじるしい水域では、水の物理化學的條件の測定からその水域の特性を知るためには、かなりの反覆的觀察が必要とされるように思われる。ところが、生物ことに底棲生物相の變化はその水域の環境變化の歴史的過程の表現と見做し得るものであり、しかも內灣・湖沼においてその標識として役立つものであることは、最近の研究結果により明らかにされたところである（宮地ほか1944等；山本1950)。筆者は松島灣における底棲生物の分布からこの內灣の特性を知りさらにこの灣のごとき高鹹濃水性水域から低鹹濃水性水域までの底棲生物の分布の樣相を明らかにし、汽水水域の底棲生物群集の樣相をうかがいたいと考えている。したがつてこの報告は八郎潟（印刷中）ならびに尾駮・鷹架沼（山本1954）の底棲生物群集に關する研究と共に一連のものであると同時に、松島灣の水產資源解明の基礎資料に供しようとするものである。

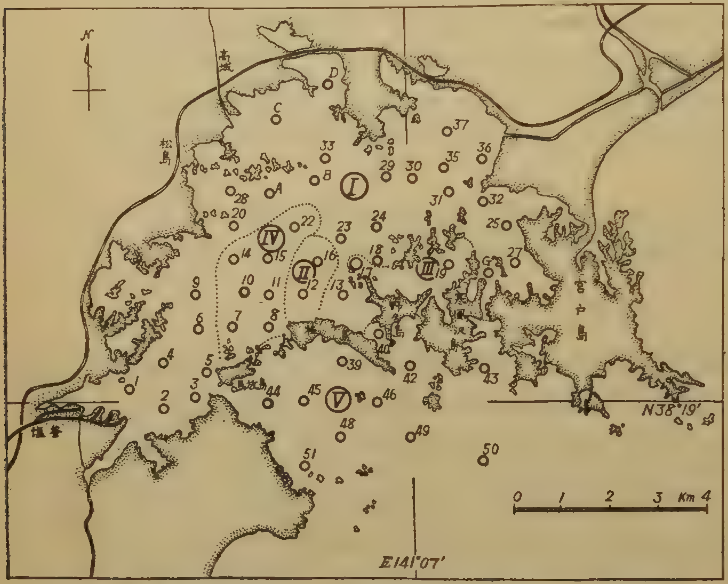
松島灣は臺地が河流の侵蝕と地盤の沈降とによりできた景勝の內灣である。この灣には300餘の大小の島々があり、なかでも宮戸島、寒風澤、野々島、桂島および馬放島などは大きいものでこれらの大きい島々の間は水道となつて外灣を形づくつている仙臺灣に連なつている。ここでは50の調查地點を松島灣ならびに水道附近にとつて1/44平方米の採集面積をもつエクマン・バージ型採泥器を用い、昭和27年8月・9月において1地點10回ずつ底棲生物を採集したものである。

研究の結果を記述するに先立ち、研究の機會を與えられ且つ種々の便宜を提供された東北水研増殖部長谷田專治博士に、種の同定をして下さつた東北大學畑井小虎教授に、文献閲讀に便宜を與えられた京都大學上野益三教授に、また調查に際し種々の御助力をなされた東北水研の奥田泰造技官、佐藤省吾技官に衷心御禮を申上げるものである。

II. 動物群集の分布

採集された各種類の個體數を各地點における總個體數の百分率で求め、その 90 % 信頼幅で示すと第 2 圖のごとくになる。この横棒が互に重なり合うか否かで 90 % 信頼水準においてその種のその地點における數的配分差の有無がわかるわけである（Katô et al. 1952）。

まず、*Meretrix meretrix lusoria* ハマグリの分布において地點 40 と G 地點とは差異がみとめられないが、その他 39-51 地點は他の地點と異なることがわかる。すなわちほぼ水道を境として外灣と內灣とは *Meretrix* の分布において區別できる。そして G 點はこの外灣の諸地點と差異があるとはいえないわけである。おなじようにして 7, 8, 10, 11, 14, 15 および 22 地點の *Solen krusensterni* エゾマテの分布は地點 43-51 のそれに對しては區別できないが、その他の地點の分布とは異なつている。しかも 39-51 地點は *Meretrix* の分布で他と異なることが示されたのであるから、7-22 までの 7 地點の地域は *Solen* の分布によつて他と區別できるといえる。



第 1 圖　松島灣の調査地點ならびに採集された底棲生物の個體數の百分組成の差異から區分した I-V 區

クモヒトデ *Amphipholis* の分布については、17, 19 の兩地點が他と異なるものであることもおなじようにしていえるが、ただ 13, 15 の兩地點がこの動物の分布に關しては 19 地點とは差異がみとめられない。このことは 17, 19 兩地點の外灣的特性を暗示するものであろう。

Wallucina lamyi チヂミウメの分布については、12, 16 地點は大部分の地點と異なるが、ただ 18, 37 地點とは差異がないのもやはりこの地點の性狀を示すものであろう。おそらくは底層水の停滯的性質を示唆するものと思われる。このことは *Raeta pulchella* チヨノハナガイ、*Theora lubrica* シヅクガイの分布によつても首肯されるようである。

また *Brachidontes senhousia* ホトトギスの分布から、地點 6 は地點 2, 12 とは區別できないが、他の內灣の諸地點とは異るものであることが明らかにされる，

つぎに *Macoma incongrua* ヒメシラトリの分布から特にわかることは 16 地點が、地點 1, 3, 6 と異ることである。その他の多くの種類についても同じような吟味が必要なのであるが、あるも

のは個體出現頻度が小さくすべて0と有意差がみとめられなかつたり、また有意差がみとめられても、ほとんど上にのべたことと重複することであつて、特にとりたてることもないので省略することにした。

そこで以上のべたところをまとめて、この內灣の生物分布の模樣を概觀してみるとつぎのようになる。（1）內灣の大部分には *Macoma* が最も多く見いだされ、*Solen*, *Brachidontes* なども普通で、さらに *Nassarius acutidentatus* ヒメムシロ、*Anadara subcrenata* サルボウ、*Cantharides japonicus* チグサガイの生貝と共に死殼がかなり採集されている。また *Nereis japonica* その他の多毛環蟲もかなり多く分布している。これらの內灣各地點のうち、地點 2, 6, 33, D はいくらか他の地點とは異なる動物分布を示している。また 13, G 地點も別な意味において他の內灣地點と異つていることもわかる。しかしおよそのところでは、これらの異質な諸地點は第1區に包括されていいものであろう。（2）12, 16 地點では *Wallucina lamyi* がいちじるしく多く、さらに *Nassarius*, *Mitrella varians*, *Acteocina* の生貝が多くの死殼と共に見いだされている。この2地點とは前記の 2, 6, 18, D, 33 などが類似性を示すところといえるだろう。（3）17, 19 の兩地點には *Amphipholis* が多く、さらに *Nassarius*, *Macoma*, *Mitrella* などの棲息が多い。ここはつぎの 7–22 の諸地點により形成されているところとかなり似た動物分布がみとめられる。（4）7, 8, 10, 11, 14, 15, 22 の地點は *Solen* の分布により明確に特徵づけられていてさらに *Macoma*, *Amphipholis*, *Dosinia angulosa* ウラカガミおよび *Nassarius* の生、死貝が高い分布を示している。（5）地點 39–51 の外灣に接する水域で *Meretrix* が多く、さらに水

第2圖　採集された動物種類のその地點の採集全個體數に對する百分率をその 90 % 信賴幅で示したもの。橫軸には 0–100 % までを目盛つてあるが、縱軸はなんの意味もない。ただ 6 種の場合とも上から順に地點 1 から 51 までをならべたにすぎない。いま 2 つずつ比べてこの信賴幅（橫棒）が互に重なるものは有意差がなく、互に離れているものは 90 % 信賴度で有意差があると判定できるものである。

道部では多彩な生物相を現出していることが見いだされた。ことに地點40の石濱水道では著しい。

ここにこれらの諸區域を便宜上陸岸・灣奥に近い方から順に I, II, III, IV, V 區と名づけることにするが、I–IV 區にわたつてはアマモ *Zostera marina* また I 區の岸近くには *Z. nana* コアマモが簇生している。

III. 底棲生物の量

宮地ら（1944）は底棲生物群集の構成種と單位面積當りの生物の數量とは内灣の標識となることを示した。この松島灣における採集により得られた生物數量はかならずしもつぎのような統計的處理ができるようなものではないのであるが、一應の資料としてここにかかげることとした（第1表）。

ここで目立つていることは宮地ら（1944）の關東以南の諸内灣に比べて全體として個體密度が低い傾向があるように思われることである。これに反して單位面積當りの重量は決して小さいものとはいえない。このような傾向は陸奥灣においてもみとめられたところで（Yamamoto 1950），緯度の高低による差異であるかも知れないが、今後の資料の蓄積に俟たねばならぬところであろう。また密度ならびに重量について、統計的に各區で有意差のみとめられるのは第 IV 區と第 V 區とであるが、傾向性としては外灣にのぞむ第 V 區が他の區に比べて小さい値を示すようにもみえる。このことは松島灣と仙臺灣の性質の相異を示すものと想像される。

第 I 表　松島灣各底棲群集區の生物數量
（1/4 平方米について）

群集區	底棲生物の個體數	底棲生物の重量(瓦)
I	37(17～57)*	20.0(7.7～32.3)*
II	34(13～55)	9.1(0 ～21.3)
III	35(16～54)	21.1(5.4～36.8)
IV	51(37～65)	31.0(9.6～52.4)
V	20(8 ～32)	2.8(0 ～ 9.1)

* 5％危險率における平均値の信頼限界

IV. 結論と總括

1. 生物各種類の配分によつて分けた5つの群集區に外圍環境要因のうち何が最も影響的にはたらいているかということが問題であろう。このことについては、かなり詳細な環境測定を實施しているのであつて、本報告とは別項にのべる筈であるが、ただ大ざつぱにいうと泥中の有機炭素量の分布が生物分布とかなりの平行性があるように思われる。有機炭素の量的差異は結局のところは水の流動に依存していると想像されるのであつて、はたして泥粒の機械的分析の結果あるいは底層水中の鹽素量の分布にもこの生物分布とかなりの類似性がみとめられるのである。

2. 生物分布から直ちに考えられることは水の流動の方向と量とである。まず馬放・桂島間の水道から入る外洋水は松島灣への流入水の最も顯著なものであることが IV 群集區とその他の水道附近にある諸地點の性情から類推できる。そしてこの流れは松島沖において東變して消えているようである。つぎに桂島・野々島間の石濱水道、野々島・寒風澤間の寒風澤水道、宮戸島・寒

風澤間の鰐淵水道があるが、それらのうちでは寒風澤水道からの流入の影響が强いのではないかと思われる。このことは地點17, 19の第3區の形成から推定できるのである。つぎに12, 16地點のつくる第2區ならびに第6地點または地點33, C, Dなどの示す特性は水のかなりの停滯と考えられる。このことは *Wallucina lamyi* チヂミウメ、*Raeta pulchella* チヨノハナガイや *Theora lubrica* シヅクガイの分布によつて暗示されているように考えられる。この地域はおそらくは水の渦動などによる停滯が特異な生物分布を形づくつているものであろう。

一般的にいつて *Macoma*, *Brachidontes* などは泥のかなり深いところに棲み、底層水の停滯する水域が棲所と考えられているようである。松島灣は全體として水の流動があまり良くないということが、これらのことからもうらづけされるように考えられる。

3. 松島灣の底棲生物群集を構成している種のおもなものは軟體動物であること、單位面積當りの生物重量がかなり大きいことなどから判斷して、この內灣は比較的富榮養化されていて，宮地ら(1944)のいわゆる强內灣的特性をもつているものであるということができる。

4. 松島灣第I區の底層水はClがおよそ17‰である*。このことはRedeke(1936)によると高鹹性瀛水水域という標識ができるところである。筆者は海洋の底棲生物群集と淡水湖沼のそれとのうつりゆきのすがたにおいて瀛水性水域の特性を知りたいと考えているもので、松島灣のデータは興味ある資料となり得るものと思つている。

5. 產業的見地においてこの調査の結果をみるときは、まず內灣の大部分の地域は水の流通が比較的よくないことがうかがわれる。そしてこの水の流通の惡いところがマガキならびにノリの養殖場として利用されているのである。このような夥しい數の養蠣筏や海苔筏の設置が水の流通を惡くしているものではあろうけれども、第V區の分布から推察される水の流入方向を考慮に入れて、これらの養殖施設の設置を考えることが當面の改善法の1つではないだろうか。

つぎには第V區におけるハマグリ稚貝の活用である。この水域はかなり深いのであつて條件が極めて惡いのではあるが、これら稚貝の群としての生活史があきらかにされることによつて利用の道があるいは拓けるものと思われる。

引　用　文　獻

Katô, M. et al. (加藤陸奧雄他)(1952): Associative ecology of insects found in the paddy field cultivated by various planting forms. 東北大理科報告 (生物學) **19** (4), 291～301.

宮地傳三郎他 (1944)：內灣度と內灣の生物群聚型に就て　京大生理生態業績　3號　pp. 20. (プリント)

Redeke, H. C (1936) : On the present state of our knowledge of limnology in the Netherlands. Union Géodes. et Géophys. Intern., Rapports divers 1936. 1～16.

Yamamoto, G. (山本護太郎) (1950) : Benthic communities in Mutsu Bay. 東北大理科報告 (生物學) **18** (4), 482～487.

——— (1951) : Ecological note on transplantation of the scallop, *Pecten yessoensis* Jay, in

* 吉田徹三氏1952年日本水產學會東北支部大會發表ならびに談話による。

Mutsu Bay, with special reference to the succession of the benthic communities. 同 **19** (1), 11～16.
山本護太郎 (1954)：淡水性水域の底棲生物群集の研究　III. 尾駮沼，鷹架沼の底棲生物　特に群集型の系列について　日生態會誌 **4**(2), 60–63.

地點	*Solen krusensternі* Schrenck ユゾマテ	*Macama incongrua* (Martens) ヒメシラトリ	*Nassarius actidentatus* (Powys) ヒメムシロ	*Cantharides japonicus* (Adams) チグサガイ	*Limulatys monodontus* (A.Adams)	*Brachidontes senhousia* (Benson) ホトトギス	*Amphipholis* sp.	*Wallucina lamyi* チヂミウメ	*Cymodoce* sp.	*Meretrix meretrix lusoria*	その他の種類
1	2	15	32	—	2	—	—	—	—	—	*Anadara subcrenata* モガイ 1 *Polychaeta* spp. 4
2	1	5	14	4	3	9	—	—	—	—	*Cyclostrema duplicatum* 2 *Nereis japonica* 2
3	5	9	25	3	4	—	—	—	—	—	*Polychaeta* spp. 2
4	2	4	15	4	—	1	—	—	—	—	*Anadara subcrenata* 1
5	4	8	19	2	4	4	—	—	—	—	
6	7	63	39	6	11	57	2	2	—	—	*Anadara subcrenata* 1
7	31	4	2	—	—	—	6	—	3	—	*Coptotyris adamsi* タテスジホホヅキガイ 3
8	36	1	8	1	—	1	4	—	—	—	*Tritia acutidentatus* 4 *Anadara subcrenata* 1
9	—	6	19	—	—	—	—	—	2	—	*Theora lubrica* シヅクガイ 4 *Pyrene varians* ムギガイ 3
10	33	—	6	2	2	—	7	—	—	—	*Dentalium octangulatum* 4 *Natica janthostoma* エゾタマガイ 2 *Anadara subcrenata* 1 *Dosinia angulosa* ウラカガミ 2
11	18	2	6	1	3	—	9	2	—	—	*Trophon subclavatus* 4 *Polychaeta* spp. 4
12	—	8	16	—	3	8	—	15	—	—	*Raeta pulchella* チヨノハナガイ 5 *Theora lubrica* シヅクガイ 4
13	—	16	7	—	—	—	9	—	—	—	*Polychaeta* spp. 4 *Solemya japonica* アサヒキヌタレガイ 2
14	37	5	6	—	8	—	9	2	1	—	
15	22	5	18	—	3	—	13	1	—	—	*Polychaeta* spp. 3
16	—	—	25	3	4	4	1	18	—	—	*Raeta pulchella* 9
17	—	6	19	—	4	1	29	—	2	—	*Dosinia angulosa* 2

19	—	4	9	1	8	—	15	1	4	—	
20	—	8	22	—	—	—	—	7	—	—	
22	18	8	10	—	2	—	7	—	—	—	*Andara subcrenata* 1
23	—	14	21	—	3	—	—	8	—	—	
24	—	1	14	—	—	—	—	—	3	—	*Dosinia angulosa* 4
25	—	10	18	1	1	—	—	4	—	—	*Polychaeta* sp. 2
27	—	5	9	—	—	—	—	—	1	—	*Polychaeta* sp. 2
28	—	4	7	—	1	—	—	—	2	—	*Anadara subcrenata* 1
A	—	16	20	2	6	—	—	—	—	—	*Polychaeta* sp. 2
B	—	5	14	—	2	1	—	—	2	—	*Solemya japonica* 2
29	—	14	31	1	1	2	—	—	2	—	*Moerella juvenilis* ユウシオガイ 2
30	—	6	18	—	1	3	—	—	2	—	*Moerella juvenilis* 3
31	—	4	7	1	3	1	2	1	1	—	
32	—	9	12	—	6	1	5	1	3	—	
33	—	20	8	2	1	3	—	—	7	—	
C	—	7	13	2	—	—	—	—	—	—	*Polychaeta* spp. 3
D	—	12	7	1	—	3	—	—	4	—	*Polychaeta* sp. 2
35	—	16	19	1	2	3	9	4	2	—	*Theora lubrica* 3 *Moerella juvenilis* 2
36	—	4	10	1	2	—	—	—	1	—	
37	—	11	19	—	—	—	7	9	—	—	*Theora lubrica* 4
39	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12	*Puncturella nobilis* コウダカスカシガイ 2
40	—	—	—	2	2	—	1	—	—	4	*Dosinia angulosa* 3 *Venerupis japonica* アサリ 2
42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13	*Laternula limicola* オキナガイ 3 *Protothaca adamsi* 2
43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	
G	—	2	3	—	2	—	—	—	—	—	
44	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	
45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	
46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	*Tectura pallida* ユキノカサ 3
50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	*Claudiconcha japonica* 2 *Arca boucardi* 1 *Mactra sulcataria* 2
51	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	*Dentalium octangulatum* 2

内灣底土中の可溶性榮養塩について※
第3報　底土に含まれている可溶性榮養塩の海水中への溶出に關する二・三の考察

奥　田　泰　造

ON THE SOLUBLE NUTRIENTS IN BAY DEPOSITS
III. EXAMINATIONS ON THE DIFFUSION OF SOLUBLE NUTRIENTS TO SEA WATER FROM MUD

By
Taizo OKUDA

Previous works in this series have shown a fundamental examination for measurement of the soluble nutrients, an outline on the distribution of the soluble nutrients in muddy deposits, and a possibility of supply of the soluble nutrients in muddy deposits into the sea water by the bottom harrowing. This paper deals with the formation of soluble nutrients in muddy deposits and on their diffusion to sea water from the mud. The experiments were made under various controlled laboratory conditions as well as under natural conditions on the beach.

The samples used in these studies were collected from Matsushima Bay. The raw muddy deposits were subject to analysis of the soluble nutrients and the data were calculated on a dry basis.

I. On the formation of soluble nutrients in the storage of mud.

(1) Influences of the storage conditions on the formation of soluble nutrients in the mud were examinated. The muds were stored in the dark for 61 days and the contained soluble nutrients were determined at intervals. In this experiment, two kinds of muddy deposits were used, one representing the mud of the top layer (0–0.5cm) and the other of the deeper layer (10–15cm). The muds of the top layer are rich in detritus, namely, residues of plants and animals in the process of decomposition. The muds of the deeper layer contain organic matter which has already undergone extensive decomposition and thus are different in nature from those of the upper layer. The following results were obtained (Table 1 and Fig. 1).

(a) The results presented in Table 1 and Fig. 1 show that more abundant soluble nutrients were formed in the upper mud actively than in the deeper mud. In the case of the upper mud, the amount of soluble nutrients in storage at 26°C were formed more greatly and more rapidly than in storage at 6°C. In the case of the deeper mud, however, only a little change was observed.

※ 東北海區水產研究所業績　第55號

(b) Five grams of glucose as the energy source of the bacteria were added to 150 grams of the fresh mud, whereby the development of the bacteria were more progressive comparing with the untreated mud, notwithstanding that the amount of soluble nutrients formed in storage were not so abundant. The apparent poorness of the above-mentioned nutrients formation may be due to the following reason: bacteria would generate the cellular substances in the process of decomposing the organic matter in mud. Remarkable consumption of soluble nutrients would result from the rapid development of bacteria, even if a fairly larger amount of soluble nutrients had been actually formed than the amount observed. However, there was observed a little difference in the behaviour of the formation of soluble nutrients between mud stored at 26°C and that at 6°C.

(c) When the anticeptic (mixed solution of toluen and chloroform) for preventing bacterial growth was added to fresh mud, rapid formation of PO_4-P and NH_3-N took place for 3–5 days' storage, then little happened until the end of the following storage period. In the case of this treated mud, there was little difference in the rate of formation of soluble nutrients between both samples stored at 6°C and at 26°C, and the maximum amount of these two elements formed were small comparing with untreated samples. This fact may be explained by that the decomposition of organic matter in mud became inactive because the bacterial action was restricted owing to the addition of the anticeptic. In this experiment, it was remarkable that the formed amount of SiO_3-Si in the treated sample was almost the same as that in the untreated one.

(d) Although no explanation is apparent for this, it is worthy of notice that the variation of phosphorus contents in mud under storage was remarkably in contrast to the other two elements. Namely, in the upper mud, a gradual decrease in phosphorus contents occurred after the maximum had been reached, while in the deeper mud, a slow fall of phosphorus contents was observed, but the increase of its contents scarcely happened through the whole storage period.

(2) Some relationships among the depth in bay deposits, the amounts of soluble nutrients formed in the storage and the chemical composition of the bay deposits were examined.

The samples for these experiments were collected from five stations in Matsushima Bay (Fig. 2). These sampled cores were divided, as showed in Table 2, into six layers from the surface to a depth of 40cm. The results of these experiments are given Table 2 and Fig. 3 and summarized as follows: the contents of soluble nutrents in the surface layer were less than in the deeper layers. Such a fact had been reported in my previous papers. It is notable that the formed amount of soluble nutrients in the surface layer under storage at 26°C for 10 days were usually more abundant than in the other layers of 10–40cm. depth. It is also notable that the mud

of the surface layer has always more abundant contents of ignition loss, total nitrogen and 20% HCl-soluble phosphorus. On the whole, these contents decreased remarkably with increasing depth in the mud. The above fact would probably be due to the following reason : the organic matter in the mud of the deeper layers had undergone considerably more decomposition than that of the upper layer.

II. On the diffusion of soluble nutrients to sea water from mud under laboratory conditions.

The fresh mud were filled until reaching 20cm in thickness from the bottom of a cylinder, then 700cc of sea water (poor contents of soluble nutrients) were added carefully and kept in contact with the mud. This cylinder was allowed to stand in the laboratory away from the direct rays of the sun. Sea water in the cylinder were changed with fresh sea water after one to six days. This process was repeated 29 times during about 106 days and the contents of soluble nutrients in the changed sea water were measured occasionally. From the measured values, the diffused amount of nutrients to sea water were computed. The cylinder used for this experiment is about 9.2cm. in diameter and about 40cm. in height. The mean temperature of the storage was respectively about 10.4°C. in March, 13.4°C. in April and 16.9°C. in May. These results are given in Tables 3, 4, and Figs. 5 to 7, and are summerized as follows: The diffused amount of soluble nutrients to the sea water from the mud were considerably abundant in this experiment. The rate of diffusion of the nitrogen was more remarkable than that of the other two elements (phosphorus and silicon). At the end of this experiment, the mud in the cylider was divided into eight layers according to depth, and the vertical distribution of soluble nutrients in the mud were observed as follows: The respective contents of NH_3-N, PO_4-P, and SiO_3-Si in the upper layers were remarkably poorer than their initial contents, and these contents increased with the depth of the mud. In layers deeper than 10cm there were scarcely observed any difference of these contents between before and after storage. It seems likely that the diffused amounts of these elements to sea water were supplied from the mud of the upper layers than from 10cm. depth.

It is worth mentioning that an interesting and significant phenomenon was observed in this experiment as follow:

In an early stage of storage, NH_3-N of sea water was most abundant, while NO_2-N and NO_3-N were present in mere traces or entirely absent respectively. After 30 to 35 days, NH_3-N disappeared and NO_2-N became strongly positive. Then NO_3-N became abundant after about 40 days. After about 60 days, NO_2-N and NO_3-N were present in mere traces or disappeared and NH_3-N became more abundant, as well as in the early stage. After about 90 days, once again, NH_3-N decreased remarkably and NO_2-N and NO_3-N became storongly positive, but NO_2-N was very poor comparing with the NO_3-N.

On the other hand, NH_3-N contents of mud was most abundant, but NO_2-N and NO_3-N were entirely absent before storage. At the end of the experimental period, however, NO_2-N and NO_3-N in the top layer mud were more abundant than in the deeper mud, contrary to the above vertical distribution of the other elements. (PO_4-P and SiO_3-Si)

It has been estimated that the formation process of nitrite and nitrate in this experiment would take place in the top layer mud, then these elements diffused into the overlying sea water.

III. On the formation and diffusion of soluble nutrients in the beach mud under natural condition.

The above results obtained under laboratory conditions do not afford themselves readily to a direct application to natural marine processes. Therefore, the formation process of soluble nutrients in mud and its diffusion to sea water from mud were observed under natural conditions on the beach.

The samples were collected at the following three cases; just before and after exposure of the bottom, and after the bottom was covered with sea water. The soluble nutrients of mud were determined with the following results.

It is notable that the soluble nutrients content in the mud gradually increased after exposure of the bottom, then after the bottom was coverd with sea water, those contents decreased, until reaching the same level before exposure of the bottom.

These results may suggest the following possibility; the organic matter in the bottom floor are decomposed with the formation of soluble nutrients, then the soluble nutrients diffuse gradually into the overlying sea water.

緒　　論

一般に深海底土に比して、淺海底土中の有機物含量の大きいことは、よく知られた事柄である。これはプランクトンその他の有機物質の生產量が、兩海域で著しく異なること、及び淺海では河川等から陸性有機物が多く運び込まれるなど、兩海域間の有機物の供給量の違いにも原因している。また深海に於いては、有機物はその生產層から海底まで、酸化的な狀態の下で徐々に沈降しその間に或る程度まで分解が進み、比較的微生物に抵抗性の強い部分のみが、海底に沈降する。これに對して淺海では沈降が早い上、多くの未分解部分を含んだ形で、海底に沈降するため、有機物質の蓄積がおこなわれる。したがつて兩海域底土中の有機物含量の差異は、有機物の供給量の違いや、未分解部分の蓄積量の違いによつている[25]。さらに加藤（1951）が、指摘している様に堆積有機物の地域的分布は以上の理由のほかに海底形態や海況も關連してくるであろう。何れにしてもこうした淺海底土の特性は、內灣では殊に著しい特徵として現われてくるものと考えられ、その內灣に於ける有機物の生產の問題を解明するに當つては、未分解の有機物を多く含み、

可溶性榮養物質の生成量の大きい底土についての考慮が必要であると考える。

海底に沈降した有機物及び底棲生物の遺骸は、バクテリヤその他の作用によつて、次第に分解されて無機化するが、分解の程度はその環境條件により、また有機物質のもつ性質によつて一樣でなく、特に水の流通悪い場所では、還元的分解が進み大部分腐植化するものであろう。海洋に於いては、有機物の生産量と共にその分解過程の持つ意義も大きいと考えるが、さらに容易に海水中に還元される樣な成分についての檢討が極めて重要である。寶月・北澤・倉澤及び白石（1952）は、湖底土中の有機物は酸化的狀態では、還元的狀態に於けるよりも、好適な溫度條件のもとで、著しく分解が進捗することを實驗的に觀察した。Waksman, Carey 及び Reuszer（1933）は、バクテリヤによる藻類の分解には、藻類の化學組成は基本的に重要であり、その組成を異にする藻類の間の分解速度には、著しく差異のあることを認めた。Cooper（1935）は動物性プランクトンと植物性プランクトンで、それらの分解の結果燐酸塩の遊離する速度は異なり、動物性プランクトンの分解は急速に行われることを示した。また Waksman（1938）及び Anderson（1939）は、容易に分解されうる有効性有機物の量を、海水中の溶存酸素消費量から求めている。

筆者は有機物が、種々の分解作用を受けて生ずるもののうち、植物に直接利用される無機態の窒素・燐酸及び特に珪藻類の增殖時に著しく消費される珪酸が、底土中で生成される過程について、實驗室內の種々の條件の下で檢討し、また干潟地の自然狀態下での觀測結果から二・三の知見をえた。前報[18]でも述べたが、その後の調査結果でも、一般に灣內部の底土では、表層部よりも深層部で可溶性無機榮養塩の含量の高くなることが知られる。これは海水と接している底土の表面から、逐次海水中へ榮養物質が擴散溶出し去るために生じた現象の樣に考えられる。したがつてある海域に於ける有機物の生産機構に關與する底土の役割について檢討するに當つて、底土中で無機化された榮養塩が海水中へ擴散・溶出する速度の概要について吟味することにした。さらに前の報告[1]で述べた樣に、底土を耕耘することによつて、榮養塩を海水中へ溶出させようとする場合に底土を攪拌すると浮泥の湧起とか、溶存酸素の泥土による消費をも招き、その結果却つて生物の棲息に悪影響を及ぼすこととなりかねない。從つて斯樣な逆効果を防止する意味で、底土をなるべく靜かに反轉して、榮養塩含量の高い層を水中に露出し、榮養塩の海水中への擴散を圖ることについて考慮したが、こうした點の効果を檢討する上に於ても、底土からの擴散溶出速度の概要を知ることが望ましいと考え本實驗を行つたものである。

本文に入るに先立つて、本研究の遂行のため、懇切なる御指導を賜つた本所增殖部長谷田專治博士、同先生と共に本稿の御校閲をして下さつた谷井潔利用部長及び北海道大學加藤健司助教授に對して、深甚なる謝意を表する次第である。また本實驗中、バクテリヤ數の計數等に御援助して下さつた、本所佐藤省吾技官の御好意に對し、衷心から感謝の意を表します。

實驗結果

I. 貯藏中に於ける底土からの可溶性無機榮養鹽の生成

(1) 貯藏中の種々の條件と可溶性無機榮養塩の生成との關係

實驗試料と實驗方法

この實驗に使用した試料は、塩釜港内の比較的港奥部に臨む當研究所附近から採泥したもので、0～0.5 cm の新しい沈澱物を多く含む表層泥と、腐植化程度の進んだ 10～15 cm の泥土である。この採泥附近の底土は、粒徑 10μ 以下の粒子を 60% 程度含み、極めて微細な泥質からなつている。

底土中の有機物の分解はその多くは微生物の活動によると考えられるが、これらの活動を考慮して次の様に試料を前處理した。即ち表層泥（0～0.5cm）については、無處理試料の他に、微生物の繁殖を促進させる目的で、エネルギー源としてグルコースを濕泥 150 g に對し 5 g 添加した。また微生物の活動を抑制する目的では、トルエンとクロロホルムの混合液（1:1）を濕泥 150 g に對し 7.5 cc の割に添加した。10～15cm 層の泥土は無處理のままとした。これらの試料は、夫々 6 ± 1°C と 26 ± 1°C の溫度で 61 日間暗所に貯藏し、その間 10 回にわたつて泥土中の可溶性榮養塩の量を測定して、その消長をしらべた。泥土中の可溶性榮養塩含量の測定は、前報に述べた様に[17]、底泥に海水を加へて振盪し、海水中に溶出した量を測定する方法をとつた。

結　　果

ここにえられた實驗結果は、第1表、第1圖に示した如く、夫々特異な傾向がみられた。まづ表層泥と深層泥の無處理試料について比較すると、表層泥は貯藏日數の經過及びその溫度の高低によつて、可溶性榮養塩の含量が著しく變化するに反し、深層泥の變化は大きくないことが目立つている。個々にみると、SiO_3–Si と NH_3–N の生成量の增加の傾向は比較的類似しており、表層泥の 26°C 貯藏のものは、SiO_3–Si では 5 日間の中に急激に、以後緩慢に增加した。NH_3–N では急激な增加は、10 日間程續き以後緩慢となつた。6°C 貯藏のものでは、NH_3–N, SiO_3–Si 共に緩慢に增加し、61 日目には SiO_3–Si では 26°C 貯藏の場合の約 70%, NH_3–N では約 50 % 程度の生成量を示した。これに對し深層泥では、SiO_3–Si・NH_3–N 共に 26°C貯藏の場合には、少しく含量が高かつたが、6°C 貯藏のものと同樣、極めて緩慢に增加したに過ぎない。一方 PO_4–P の消長は特徵ある傾向を示し、表層泥では 26°C 貯藏のものは 10 日目まで急增したが、以後貯藏日數の經過と共に減少し、33 日以後殆んど一定の値を示した。6°C 貯藏のものは 15 日まで殆んど增加しなかつたが、24 日頃から急增し、33 日，47 日頃で極大に達して、61 日に及んで少しく減少した。深層泥では 6°C の場合も 26°C の場合も殆んど近似した値を示し、1 日目で僅かに增加したが、3 日目以降は極く僅かづつではあるが減少し、實驗の終了した 61 日目では初めの含量の 1/2 以下に減じた。この樣に PO_4–P が SiO_3–Si や NH_3–N の傾向と異つて、一度急激に增加して後、漸減したことは著しい現象であり、この點については後の考察の項で檢討したい。以上の樣に表層泥を 26°C で貯藏した場合には、短期間で著しく可溶性榮養塩の含量が增加し、6°C の

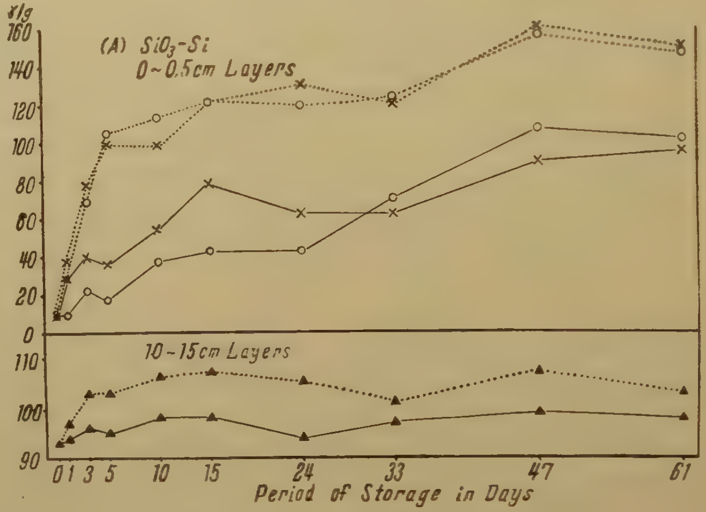
第1表 貯藏中に於ける種々の條件と可溶性榮養塩の生成

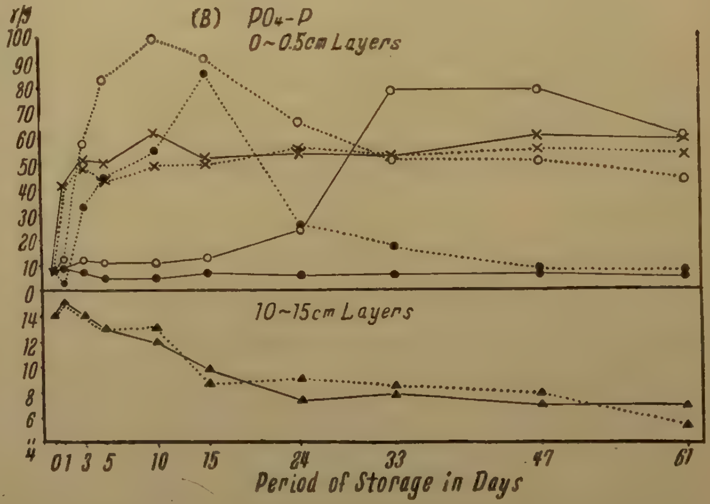
Table 1 Experiment on the formation of soluble nutrients in mud by storage under various controlled laboratory conditions.

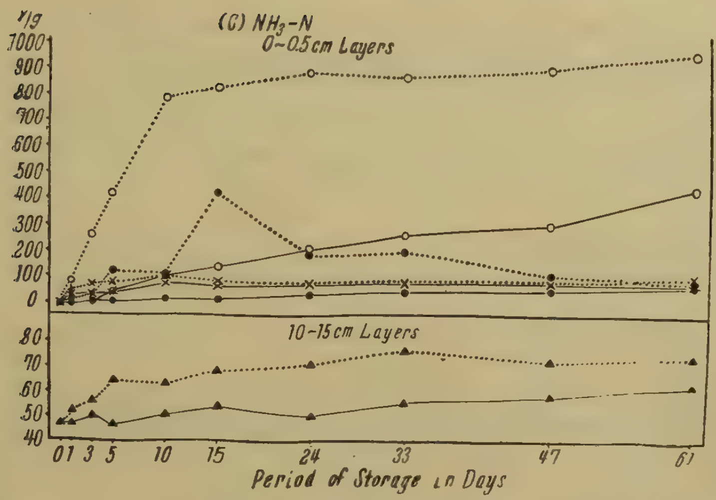
Depth of mud cm	Treatment	Days of storage	Storage at 6°C±1				Storage at 26°C±1			
			SiO_3-Si γ/g	PO_4-P γ/g	NH_3-N γ/g	Bacteria observed under the microscope	SiO_3-Si γ/g	PO_4-P γ/g	NH_3-N γ/g	Bacteria observed under the microscope
0～0.5	Untreated	0	9.4	8.0	tr	—	9.4	8.0	tr	—
		1	9.7	9.0	tr	—	29	12	78	—
		3	23	12	2.0	—	69	58	260	—
		5	17	11	44	—	105	83	420	—
		10	37	11	100	—	113	99	790	—
		15	42	13	140	—	121	91	830	—
		24	43	24	210	—	119	66	890	—
		33	70	78	260	—	123	51	880	—
		47	107	78	300	—	156	50	910	—
		61	102	60	450	—	147	43	980	—
	Glucose added	0	—	8.0	tr	—	—	8.0	tr	—
		1	—	8.8	2.3	—	—	3.0	6.4	+
		3	—	7.2	1.7	—	—	33	25	+++
		5	—	4.8	1.7	—	—	44	120	+++
		10	—	4.8	17	++	—	55	110	—
		15	—	6.9	17	+++	—	85	430	—
		24	—	6.2	35	++	—	26	190	+
		33	—	5.8	39	++	—	17	200	+
		47	—	6.4	52	++	—	8.4	110	+
		61	—	5.2	68	++	—	7.6	86	+
	Mixed (1:1) solution of toluen and chloroform added	0	9.4	8.0	tr	—	9.4	8.0	tr	—
		1	29	41	16	—	38	41	38	—
		3	40	51	24	—	78	48	64	—
		5	36	50	35	—	99	43	80	—
		10	54	62	78	—	98	49	100	—
		15	78	52	70	—	120	50	81	—
		24	62	54	76	—	130	55	76	—
		33	62	52	75	—	120	53	75	—
		47	89	60	78	—	160	55	77	—
		61	95	59	81	—	150	53	100	—
10～15	Untreated	0	93	14	47	—	93	14	47	—
		1	94	15	47	—	97	15	52	—
		3	96	14	50	—	103	14	56	—
		5	95	13	47	—	103	13	64	—
		10	98	12	51	—	106	13	63	—
		15	98	9.8	54	—	107	8.7	68	—
		24	94	7.4	50	—	105	9.1	71	—
		33	97	7.9	56	—	101	8.5	76	—
		47	99	7.0	58	—	107	7.8	72	—
		61	98	7.0	63	—	103	5.4	74	—

場合の生成量との差も大きい。しかるに深層泥では 26°C で貯藏しても、表層泥の様な生成量の著しい増加はみられず、6°C で貯藏した場合の生成量との差も PO_4–P は殆んどなく、SiO_3–Si や NH_3–N も著しく小さいことは注目に値する。これは兩試料に含まれている有機物の量及びその分解程度の違いに原因しているものであろう。（有機物含量との關連性は後述する）

次に表層泥に微生物のエネルギー源として、グルコースを加えて貯藏した場合についてみる。この場合泥土を浸出した海水は、SiO_3–Si の測定に當つて綠青色を呈し、標準液との比色が不能であつたため、SiO_3–Si の測定は省略した。また PO_4–P・NH_3–N もバクテリヤの繁殖が旺盛な時には、浸出液が溷濁する等のため、他の試料に比して分析値の精度は悪かつた。ここに得られた結果をみると、NH_3–N は貯藏温度の高低によつて、その生成量が異なり、6°C で貯藏したものでは日數の經過と共に、NH_3–N の生成量が緩慢に増加したことは、無處理試料と同様であつたが、26°C で貯藏した場合には、生成量が15日目で極大値に達し、以後61日まで次第に減少した。PO_4–P は 26°C で貯藏したものでは、無處理試料と同様實驗の初期に著しく増加し、15日で極大に達した。それから以後減少して、殆んど最初の値と同じ程度になつた。6°C で貯藏した場合には、これまでの例に反して殆んどその含量の變動はみられず、僅かに始めの含量よりも減少した。また浸出した海水中のバクテリヤ數を計數した結果では、無處理試料及び防腐劑添加試料中には、大きなバクテリヤ數は認められなかつた。しかしグルコース添加試料では、26°C 貯藏の試料については3～5日







(○)・(▲)~Untreated　(●)~Glucose added
(×)~Mixed solution of toluene and chloroform added.

第1圖　貯藏中に於ける種々の條件と可溶性榮養塩の生成

Fig. 1　Formation of soluble nutrients in mud by storage under various conditions in laboratory. Solid lines indicate storage at 6±1°C. Dotted lines show storage at 26±1°C.

目にバクテリヤの著しい繁殖がみられ、それが10~15日で減少して、24日以後にまた増加したことが觀察された。6°C貯藏の場合には、バクテリヤの繁殖は非常に後れ、10~15日で漸く認められ、以後その數は可なり減少した樣である。ここで行つたバクテリヤ數の計數は試海水を遠心分離して、直接檢鏡したもので大略の傾向を知りうる範圍を出ない程度のものであつた。

このバクテリヤ數の增減の傾向と、可溶性榮養塩の消長とは比較的よく類似する樣で、即ち26°Cで貯藏したものの、15日目にPO_4-P・NH_3-N共に極大値を示したときには、バクテリヤの數が著減したときであり、その後再びバクテリヤの數が增加したときには、NH_3-N・PO_4-Pは共に減少している。これはバクテリヤの繁殖に當つて、バクテリヤの體構成に必要な窒素や燐が消費せられ、またバクテリヤ自體の分解の結果、再び可溶化したことによるものと思われる。6°Cで貯藏した場合には、バクテリヤ數の增減とPO_4-PやNH_3-Nの消長とは、26°Cで貯藏した試料でみられた樣な、明かな關係は必ずしも認められなかつた。しかしNH_3-NやPO_4-Pは共に無處理試料に比して、著しくその含量が小さいことは、やはり豊かなエネルギー源を利用して、バクテリヤの旺盛な活動のため、無機化されたNH_3-N・PO_4-Pは間もなく再びバクテリヤにより、有機化されたことによるものかも知れない。

次に前の處理とは逆に、トルエンとクロロホルムの混合液を添加して、バクテリヤの活動を制限して貯藏した場合についてみると、無處理試料と比較して特徴ある增加の傾向を示した。ただしSiO_3-Siは6°C及び26°Cで貯藏したもの共に、無處理試料の場合とその增加の傾向も、その含量も殆んど同樣であつたことは注目される。NH_3-Nは26°Cで貯藏した方が、僅かに6°Cで貯藏したよりも高い値を示したが、無處理試料の場合に比して、何れも著しく含量が小さかつた。またPO_4-Pでは兩者殆んど同一の値で、3日目頃からの含量は實驗終了時まで變らず、幾分6°Cで貯藏した方が含量が高く、これまでの例とは全く逆の傾向を示したが、その差は極めて小さい。ここにえられた結果では、トルエン・クロロホルムの混合液の樣な防腐劑の添加は、SiO_3-Siの生成量には無關係である樣に見えるが、この點についてはこれだけの資料ではまだ明かでない。NH_3-N及

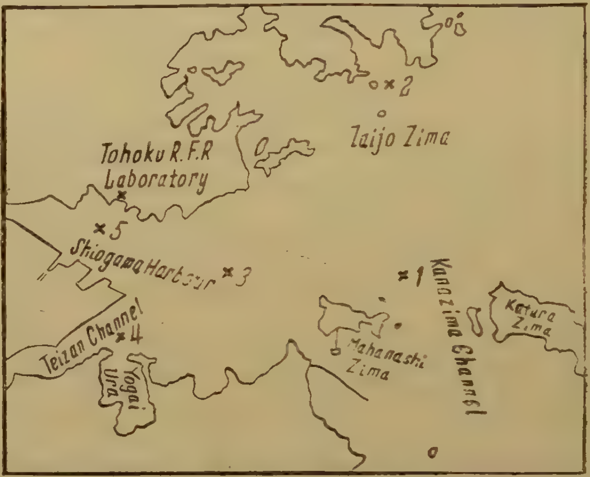
び PO_4–P の値が實験開始後、間もなく急激に増加して以後、貯蔵日數が經過しても殆んど一定の値を示し、また他の例に反して濕度の違いによる著しい生成量の差が表われていない。このことはトルエン・クロロホルムの添加によつて、バクテリヤの活動が抑制されたことによるのであろう。NH_3–N や PO_4–P が貯蔵開始直後、急激に大きな生成量のみられた點についての吟味は後述する。

(2　海底土の深度と可溶性榮養塩の生成量及び二・三の化學成分との關係

實驗試料と實驗方法

この實驗のための試料は、第2圖に示した様に、松島灣内の5地點から採泥したものである。松島灣の底質の概要については別に報告したが[19]、この灣は灣口が狹く水深が淺い、しかもアマモの密生及び河川水や、塩釜市からの排水の流入等、種々の條件のために、有機物の含量が大きく微粒泥質が大部を占めている。

試料は表面から 40cm の深さまで採り、これを6層に細分して各層の泥土を 26°C で 10 日間貯蔵し、貯蔵前後の榮養塩含量の差から生成量を求めた。なお試料は濕泥のまま遮光して貯蔵した、また底土中の有機物含量を知るために、灼熱減量と Kjeldahl 法により全窒素量を測定した。さらに 20% 塩酸可溶燐酸量の定量も併せて行つた。



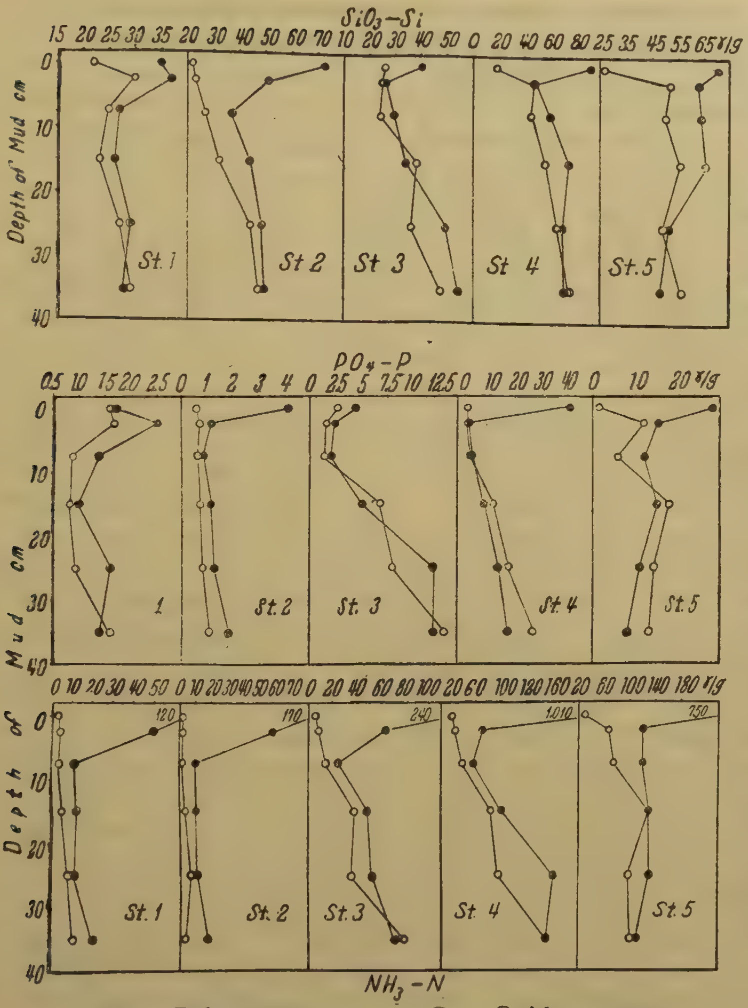
第2圖　採　泥　地　點

Fig. 2　Location of sampling of bottom muds in Matsushima Bay.

實　驗　結　果

前述の様に、表層泥と深層泥では、貯蔵中に生成される榮養塩の量は、著しい違いがあるので、底土の深度の違いに伴い、貯蔵中に生成される無機可溶性榮養塩量の檢討を上記試料について行つた。底土中の可溶性無機榮養塩の含量は、港奥で大きく、泥の深度によつてその含量は異なり、概して港中央部から奥部にかけて表層部で小さく、深層に濃密部の存在が認められることは、前の報告でも言及した。この様な傾向は第3圖、第2表に示した結果についても、St. 3, 4 及び5にみられる様に、同様の傾向はほぼ知られる。

しかし貯蔵中に於ける可溶性榮養塩の生成は、St. 1 と St. 3 の PO_4–P の場合を除いて、他の全ての場合では第1層 (0～1cm) は、2層以深の泥土よりも飛躍的に著しい高い値を示しているのが目立つている。NH_3–N の生成量では、第2層は第1層よりも可成り低い値ではあるが、第1



○——○ Before storage　　○……○ After storage

第3圖　貯藏中に於ける可溶性榮養塩の生成量と泥深との關係

Fig. 3　Relation between depth of mud and contents of soluble nutrients which were formed under storage for 10 days at 26±1°C.

層に續いて第3層以深よりも大きい値を示している。第3層以深では貯藏當初の値とはそれ程大きく變動しなかつたことは注目される。一方 PO_4-P や SiO_3-Si の生成量は第2層も第3層以深の値と著じるしく變らず、NH_3-N の例と同様に、その含量は貯藏前の値とは大きな差がなかつた。St. 4 及び5の概して港奥部の地點では、可溶性榮養塩の含量の高いことは前述の如くであるが、さらに貯藏中に生成する量も大きい。またSt. 2の藻場では貯藏前の含量はSt. 1と共に極めて小さかつたが、貯藏中表層泥から生成する量が、St. 1に比して著しく大きかつたことは注目に値する。

次にこの可溶性榮養塩の貯藏中に於ける生成量は、有機物の含量及びその性質に關連すると考えられるので、有機物の量を灼熱減量及び全窒素量から求め、さらに 20% 塩酸可溶燐酸を測定して、前者との關連性について檢討した。その結果、全窒素及び20% 塩酸可溶燐酸では、各地點共に表層部分の含量が著しく大きく、深層部へ向つて次第に減少する傾向を示し、また灼熱減量も St. 3 の場合を除いて、他の地點では同様の傾向がみられ、可溶性榮養塩含量の垂直分布とは、全く逆の分布狀態が認められる。(第4圖) 從つて有機物含量及び20% 塩酸可溶燐酸の分布と、貯藏中の可溶性榮養塩の生成量(貯藏前後の差)の分布とは、極めてよく類似する様である。この様に可溶性榮養塩の貯藏中の生成量が、底土の深度により或は地

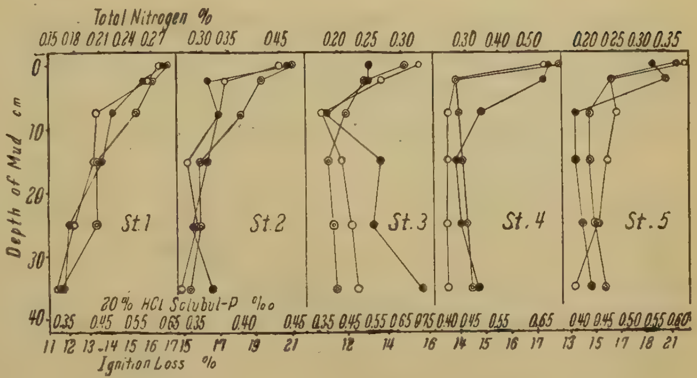
第2表　海底土の二・三の化學成分並びに貯蔵中の溶可性榮養塩の生成量と深度との關係

Table 2 Relation among depth of mud, chemical components of mud and soluble nutrient contents which were formed under storage for 10days at 26±1°C.

St. No	No. of layer	Depth of mud cm	Soluble inorganic nutrient SiO_3-Si γ/g Before storage	SiO_3-Si γ/g After storage	PO_4-P γ/g Before storage	PO_4-P γ/g After storage	NH_3-N γ/g Before storage	NH_3-N γ/g After storage	Ignition loss %	Total nitrogen %	20% HCl soluble -P %	N/P
I	1	0~0.5	22	35	1.6	1.7	3.2	120	16.6	0.280	0.065	4.3
	2	0.5~5	30	37	1.7	2.5	4.4	51	15.7	0.266	0.061	4.4
	3	5~10	25	27	0.88	1.4	3.7	11	14.1	0.207	0.057	3.7
	4	10~20	23	26	0.82	1.0	4.6	12	13.6	0.204	0.045	4.5
	5	29~30	27	29	0.93	1.6	8.0	9.8	12.1	0.179	0.045	4.0
	6	30~40	29	28	1.6	1.4	11	21	11.7	0.163	0.035	4.7
II	1	0~0.5	22	73	0.67	4.2	tr	170	20.9	0.452	0.045	10
	2	0.5~5	23	51	0.76	1.2	tr	62	16.4	0.344	0.042	8.2
	3	5~10	27	37	0.67	0.86	tr	12	17.0	0.333	0.040	8.3
	4	10~20	32	44	0.74	1.2	2.3	12	16.3	0.270	0.036	7.5
	5	20~30	44	48	0.83	1.3	7.1	12	15.5	0.287	0.036	8.0
	6	30~40	47	49	1.1	1.9	2.9	18	16.6	0.257	0.035	7.3
III	1	0~0.5	26	40	2.6	4.5	6.0	240	13.1	0.328	0.069	4.8
	2	0.5~5	25	26	1.6	2.3	8.6	67	13.0	0.268	0.053	5.1
	3	5~10	24	29	1.4	2.0	14	26	10.9	0.179	0.046	3.9
	4	10~20	38	34	6.7	5.0	39	50	13.7	0.206	0.039	5.3
	5	20~30	36	49	8.1	12	38	56	13.4	0.224	0.041	5.5
	6	30~40	47	54	13	12	83	77	15.7	0.229	0.042	5.5
IV	1	0~0. 5	19	91	1.0	41	23	1,010	17.5	0.546	0.072	7.6
	2	0. 5~5	47	48	1.1	1.2	28	69	17.3	0.270	0.044	6.1
	3	5~10	45	60	2.0	2.2	39	57	14.9	0.246	0.045	5.5
	4	10~20	56	74	11	7.7	83	100	13.9	0.255	0.046	5.5
	5	20~30	65	69	17	13	95	160	14.1	0.241	0.047	5.1
	6	30~40	74	71	27	17	150	150	14.0	0.244	0.048	5.1
V	1	0~0.5	26	71	1.6	28	31	750	19.5	0.393	0.060	6. 6
	2	0.5~5	52	63	12	15	66	120	20.6	0.248	0.047	5.3
	3	5~10	50	64	6.5	12	75	120	13.5	0.250	0.043	5.8
	4	10~20	56	66	17	15	130	130	13.5	0.241	0.043	5.6
	5	20~30	49	51	14	11	98	130	14.1	0.223	0.044	5.1
	6	30~40	56	48	13	8.0	100	110	14.7	0.194	0.046	4.2

域的に異なり、しかも生成量の大きいのは極めて表層に限られ、底土中の有機物含量等と密接に關連することが知られる。

次に全窒素と20%塩酸可溶燐酸から求めたN/P値は、窒素や燐の分解乃至擴散過程に關連して、興味深い問題を含む様に考えられる。このN/P値に關して特に注目されるのは、St. 1, 3では認められないが、St. 2, 4, 5の表層部のN/P値が極めて高く、第2層以下では急激に激少して



第4圖 海底土の二・三の化學成分と泥深との關係

Fig. 4 Relation between depth and chemical component of mud.

各層間には大きな差がみられないことである。夫々N, Pの表層部から深層部に向つて減少する割合が、PよりもNの方が大きい様であり、從つてこの第2層以深のN/Pの急激な減少の原因は、Pによるよりも却ろNの減少によつてより多く惹起されたものの様に考えられる。このことは、燐及び窒素の溶離速度、或は擴散速度にかなりの違いのあることを意味しているものではなかろうか。また St.1, 3 が、表層部も第2層以下の層と殆んど同一の値を示したことについては、その原因は明かでないが、これらの地點は他の地點に比して、概して海水の流通がよく、沈降した有機物の流失・分解が著じるしく進捗していることによるのかも知れない。さらに St.2 は他の地點に比して一般に高い値を示していることが目立つている。これは藻場であるこの地點と、他の地點との含有されている有機物の質的な違いと關連がある様に考えられるが、前述の疑問點と共に詳しい資料をもとに別報で論じたい。

II. 底土に含まれている可溶性無機榮養塩の海水中への擴散・溶出に關する實驗

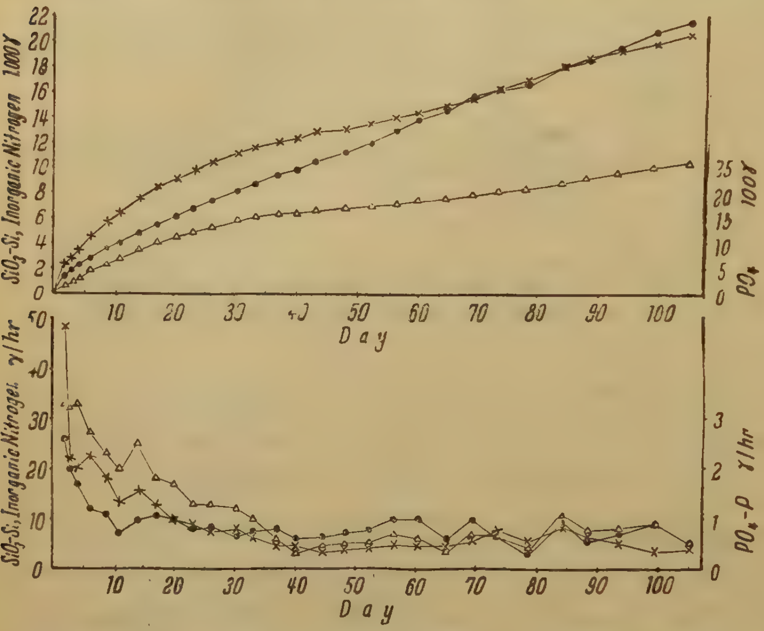
實驗試料と實驗方法

この實驗に使用した試料は、前實驗とほぼ同様、當研究所附近の底土表面より 15～20 cm 深の泥土で、概して可溶性無機榮養塩含量の高いものである。この泥土を採泥後、直ちに濕泥のままよく均一になる様混合し、徑約 9.2cm, 高さ約 40cm のシリンダーに底から 20cm までこの泥土を詰めた。これに灣口部から採つた榮養塩含量の低い海水 700cc を泥土が攪亂浮上しない様注意しながら靜かに加えて、そのまま1日乃至數日放置した。この際シリンダーは實驗室内の片隅に置き、遮光はしなかつたが、日光の直射は避けて室温に放置した。所要の日數經過後、シリンダー中の海水をサイフォンで、靜かにフラスコに移し新しい海水と交換した。この操作を 106 日間 29 回にわたつて繰り返し交換して、その都度海水中の増加した榮養塩の量を測定し、泥土から海水へ擴散溶出した量を求めた。勿論この場合對照試驗も併行した。なほこの實驗を遂行中の平均室温は、3月は 10.4°C, 4月は 13.4°C, 5月は 16.9°C で6月の中旬までは 18.4°C であつた。一方最後にシリンダー中の泥土は、第4表に示した様に、表面から8層に細分してとり、それぞ

れの層の泥土について、その中に含まれている榮養塩の量を測定した。

實　驗　結　果

この實驗でえられた結果は、第5〜8圖及び第3〜5表にそれぞれ示した。第5圖は海水中に溶出した榮養塩の量を逐次加え合わせた加積曲線で、從つて曲線の最後の示點は、全實驗期間を通じて溶出した各榮養塩の全量である。第6圖は各回毎の1時間當りの溶出量を示している。第5圖にみられる様に、各榮養塩は初めの中は急速に溶出し、無機態全窒素及び燐酸は、次第に溶出速度が緩慢になつている。しかし SiO_3–Si の4回目以降（開始して數日後）の溶出は殆んど一様であつた。このことは第6圖の單位時間當りの溶出量を示した圖からもよく知られる。即ち何れも實驗開始直後の溶出速度は、著しい高い値を示したが、無機態全窒素及びPO_4–P約は40日前後まで次第に減少し、以後ほぼ一定の値を示した。それに反しSiO_3–Si では開始後數日間は、漸減する傾向がみえたが、

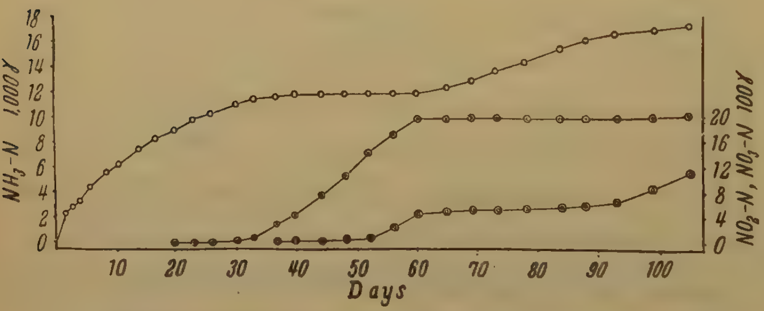


第5圖　シリンダー中泥土から海水中へ擴散溶出した可溶性榮養塩の加積曲線

Fig. 5　Cumulative curves of the soluble nutrient contents diffused to sea water from mud under laboratory condition.

第6圖　同じく單位時間當りの擴散溶出量

Fig. 6　Soluble nutrient contents diffused per an hour.



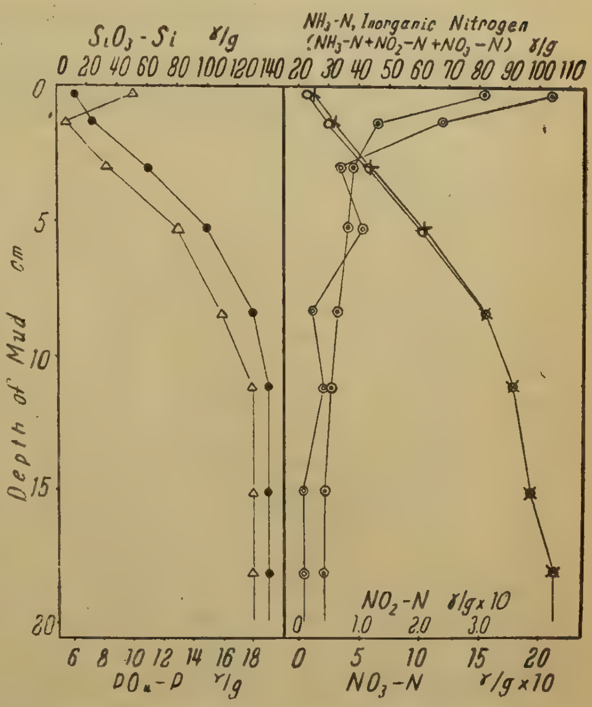
第7圖　第5圖に示した無機態窒素の各成分毎の加積曲線

Fig. 7　Cumulative curves on various forms of inorganic nitrogen diffused.

●——● SiO_3–Si　×——× Inorganic Nitrogen　⊙——⊙ NO_2–N
△——△ PO_4–P　○——○ NH_3–N　◎——◎ NO_3–N

その後は少しく變化に富むが、溶出速度は略々一定の値を示している。この實驗の全期間中に、泥土から溶出した榮養塩の全量の1/2が溶出するに要した日數をみると、無機態全窒素とPO_4-P は共に全日數の僅か 1/4に當たる約20數日間で、SiO_3-Siでは40日餘を要した。これは窒素と燐酸は硅酸に比して、實驗初期の溶出速度が著しく早かつたことに起因しているものと考える。

次に實驗終了後、シリンダー中泥土の榮養塩分布を第8圖、第4, 5表に示したが、SiO_3-Si, PO_4-P 及び無機態全窒素は共に深層部でその含量が大きく、表層部で小さくなつており、表層部から海水中へ擴散溶出したことを示している。SiO_3-Si では約 7 cm 深から、PO_4-P では 10cm 深から表層部へ、それぞれ急激に含量が減少して、10cm より下層部では殆んど同一の値を示した。窒素では最深部から逐次表層へと減少し、10cm 以淺での勾配は大きくなつている。この様な各要素間の分布の違いは、第5, 6 圖からも知られる様に、それぞれの擴散速度の差異にも基因するのであろう。



第8圖 實驗終了後シリンダー中泥土に含まれていた可溶性榮養塩の垂直分布

Fih. 8 Vertical distribution of soluble nutrients in mud after the experiments on its diffusion to sea water from mud.

●——● SiO_3-Si ×——× Inorganic nitrogen
△——△ PO_4-P ○——○ NH_3-N ⊙——⊙ NO_2-N
◎——◎ NO_3-N

ここに示した窒素は、NH_3-N, NO_2-N 及び NO_3-N の含量を集計したものであるが、第4表、第8圖からも知られる様に、その大部分は NH_3-N で、NO_2-N や NO_3-N の含量は極めて僅少である。それぞれ個々の分布をみると、NH_3-N では全無機態窒素が示した分布と、殆んど同様の分布を示した。また NO_2-N や NO_3-N はその絶對値は小さいが、特異な分布を示し、これまでの SiO_3-Si, PO_4-P 及び NH_3-N などの分布とは全く逆に、2～3cm 程度までの表層部にその殆んど全量が含有され、それより以深の層では極く微量より含まれていない。また窒素の實驗開始前の泥土中での形態は、その殆んど全部が NH_3-N で、NO_2-N や NO_3-N は痕跡程度より含有されていなかつた。しかるに實驗終了後、ここにみられる様に表層泥中に、NO_2-N と NO_3-N の含有量が增加していることは注目すべきである。PO_4-P の場合、表層部で少しく高い値を示し、0.5～2 cm の第 2 層で最小値を示しているが、この様な表層部に含量の高い部分のあることは、

第3表　泥土に含まれている可溶性榮養塩の海水中への擴散溶出に關する實驗

Table 3　Experiment on the diffusion of soluble nutrients to sea water from bottom mud under laboratory conditions. (at room temperature)

No. of changed sea water	Reacted time hr	SiO_2-Si		PO_4-P		Inorganic nitrogen				
						NH_3-N	NO_2-N	NO_3-N	Total	
		γ	γ/hr	γ	γ/hr	γ	γ	γ	γ	γ/hr
1	45.5	1,200	26	150	3.3	2,200	—	—	2,200	48
2	24	480	20	77	3.2	530	—	—	520	22
3	29	490	17	95	3.3	590	—	—	590	20
4	48	590	12	130	2.7	1,100	—	—	1,100	23
5	65	740	11	150	2.3	1,200	—	—	1,200	18
6	50	350	7	100	2.0	650	—	—	650	13
7	76	790	10	190	2.5	1,200	—	—	1,200	16
8	72	790	11	130	1.8	910	—	—	910	13
9	72	730	10	120	1.7	730	1.4	—	731.4	10
10	73	630	8.6	97	1.3	670	3.0	—	673	9.2
11	72	590	8.2	96	1.3	560	4.6	—	564.6	7.8
12	98	690	7.0	120	1.2	740	36	—	776	7.9
13	70	540	7.7	72	1.0	380	66	—	446	6.4
14	93	710	7.6	53	0.57	210	210	10	430	4.6
15	74	450	6.1	25	0.34	200	150	10	360	4.9
16	99	630	6.4	46	0.46	20	310	2	332	3.4
17	94	700	7.4	48	0.51	14	300	20	334	3.6
18	96	740	7.7	46	0.48	0	340	50	390	4.1
19	98	960	9.9	66	0.67	0	310	150	460	4.7
20	93.5	960	10	54	0.58	0	210	210	420	4.5
21	112	650	5.8	39	0.35	470	2.0	22	494	4.4
22	104	1,000	9.6	64	0.62	550	0	20	570	5.5
23	99	670	6.8	63	0.64	760	0	20	780	7.8
24	120	390	3.3	43	0.36	660	2.0	20	682	5.7
25	135	1,400	10	140	1.0	1,100	2.0	10	1,112	8.9
26	101	550	5.4	76	0.75	610	4.0	34	648	6.4
27	120	840	7.0	92	0.77	520	16	56	592	4.9
28	144	1,300	9.0	130	0.90	230	17	220	467	3.2
29	144	560	3.9	66	0.46	300	14	260	574	4.0
Total	2,521	21,120	—	2,578	—	17,104	1,938	1,114	20,216	—

これまでの灣内での調査でも往々みられることであり、その原因についての檢討は後述する。

第5圖では無機態全窒素として、擴散溶出した NH_3-N, NO_2-N 及び NO_3-N を加え合わせて示しているが、これを各成分について加積曲線で示したのが第7圖である。實驗の當初、海水中には NH_3-N だけで、NO_2-N や NO_3-N の溶出は認められなかつたが、NO_2-N は開始後 20 日頃から、NO_3-N はそれよりかなり後れて 40 日前後から海水中に檢出された。これら 3 成分の溶出量の消長をみると、NH_3-N は 30 數日頃までは順調に溶出していたが、以後殆んど NH_3-N は檢出

第4表 シリンダー中泥土に含まれていた可溶性榮養塩の垂直分布（實驗終了後）

Table 4 Vertical distribution of soluble nutrients in mud after the experiment on its diffusion to sea water from mud.

Depth of mud cm	SiO_3-Si γ/g	PO_4-P γ/g	Inorganic nitrogen NH_3-N γ/g	NO_2-N γ/g×10	NO_3-N γ/g×10	Total γ/g
0～0.5	12	10	23	3.1	21	25.4
0.5～2	24	5.6	30	1.3	12	31.3
2～4	61	8.3	43	0.91	3.4	43.4
4～7	100	13	61	0.83	5.3	61.6
7～10	130	16	82	0.67	1.1	82.2
10～13	140	18	91	0.51	2.1	91.3
13～16	140	18	97	0.41	0.3	97.1
16～20	140	18	105	0.42	0.3	105

第5表 實驗開始前の供試泥に含まれていた可溶性榮養塩含量

Table 5 Initial contents of soluble nutrients in mud, used in the experiment on its diffusion to sea water.

Soluble nutrient	SiO_3-Si	PO_4-P	NH_3-N	NO_2-N	NO_3-N
γ/g of dry weight	120	20	110	tr	tr
Total contents of mud in cylinder mg	8.66	1.40	78.3	—	—

されず、一方丁度時期を同じくして、NO_2-Nの溶出量が急激に増加し始め、50日頃からはNO_3-Nの溶出も著しくなつた。この様な傾向は大體60日頃まで續き、海水中に全く檢出しえなかつたNH_3-Nは、60日を過ぎる頃から再び著しく溶出量が増加した。他方NO_2-NはNH_3-Nが増加し始めた60日頃から、逆に海水中には全くみられなくなり、NO_3-Nも極めて緩慢に増加したに過ぎなかつた。しかるに90日を過ぎて、傾向は再び逆轉してNH_3-Nの溶出量が減少し、NO_2-NやNO_3-Nは増加し始めた。但しNO_2-Nの溶出量は著しく大きくはなかつた。この様に實驗開始時に、底土中に含まれていなかつたNO_3-NやNO_2-Nが、實驗の途中で海水中に檢出されたことは、これら2成分の消長の時期が、NH_3-Nのそれと極めてよく一致する點からみて、NO_2-N及びNO_3-Nは何らかの原因によつて、NH_3-Nから轉換したものと想像される。

III. 干潟地表層泥中の可溶性榮養塩の生成並びに擴散

これまで行つた實驗の種々の條件は、自然狀態に於ける海底の條件とは、可なり相違していると考えられるので、これらの室内實驗から直ちに、自然狀態に於ける海底土について推論することには少しく問題がある。そこで干潟地に於て、表層泥中の可溶性榮養塩の生成、擴散に關して觀察を行つた。

實驗試料並びに實驗方法

實驗 I. II の試料と同様、當研究所附近の干潮時に露出する地域で、干出前、干出時及び冠水後に、第 6 表に示した様に採泥し、泥土中に含まれている可溶性榮養塩を測定した。實驗は 1953 年6月と 8 月の 2 回行つたが、退潮後の海底は起伏があり、凹部は湛水されており、凹部では湛水中への榮養塩の損失も考えられるので、湛水されていない部分の表層泥をかき集めて採泥した。

實　驗　結　果

第 6 表にみられる様に、各榮養塩は干出後、冠水時に於けるよりも次第に增加し、それが冠水されると再び殆んど干出前の値にまで減少した。これは干出中に生成された榮養塩が、冠水されると海水中へ擴散溶出することを示していると考える。6 月の實驗の場合、冠水後の値が干出前の値に復歸していないのは、採泥を行つたのが、冠水後僅か 30 分程であつたために、生成した榮養塩の海水中への擴散溶出が、未だ十分に行われていなかつたことによると想像される。

第 6 表　干潟地表層泥中の可溶性無機榮養塩の生成（干出時に於ける）

Table 6　Formation of soluble nutrients in beach mud during the time of ebb-tide.

1953. 6. 17

Hour or sampling	Temp. of sea water°C	Temp of mud °C	SiO_3-Si r/g	PO_4-P r/g	NH_3-N r/g	Remarks
h m 9−30	26.2	24.8	15	2.2	tr	Just before the bottom exposure
10−30	—	29.9	18	3.0	1.8	After an hour the bottom exposure
12−30	—	33.8	43	3.8	5.8	After 3 hours 〃 〃
14−30	—	32.0	59	4.4	6.3	After 5 〃 〃 〃
16−30	—	27.8	62	5.5	6.0	After 7 〃 〃 〃
18−00	23.7	24.3	47	3.0	2.2	After 0.5 hours the bottom covered with water

1953. 8. 15

Hour of sampling	Temp. of sea water °C	Temp of mud °C	SiO_3-Si γ/g	PO_4-P γ/g	NH_3-N γ/g	pH of mud	Remarks
h m 9−30	28.1	28.7	18	2.6	1.5	7.5	Just before the bottom exposure
12−00	—	36.2	20	2.9	5.1	7.1	After 2.5 hours 〃 〃
14−00	—	35.0	25	4.3	6.7	6.9	After 4.5 〃 〃 〃
15−00	—	34.5	37	8.1	12	7.2	After 5.5 〃 〃 〃
17−30	28.5	—	15	2.1	1.2	7.6	After 2 hours the bottom covered with water

考　察

底土に含まれている有機物質の分解によつて、可溶性無機榮養塩が生成される過程と、その榮養塩が海水中へ擴散し、溶出する現象について檢討した。

I.　貯藏中に於ける底土からの可溶性榮養塩の生成について

Waksman, Carey 及び Reuszer (1933) は動物性プランクトンを海水や底土に加えた場合、兩者では同じ様に分解し、プランクトン中の窒素の半量以上が NH_3-N として遊離することをみ

た。また乾燥した泥土に水を加えて、貯藏した場合には炭素や窒素の遊離は比較的急速であつたが、濕泥では著しく緩慢であつたと報告している。その後 1938 年同じく Waksman(27)は、底土中の有機物は、海水中の有機物に比して、バクテリヤの分解作用に強い抵抗性を示し、深海泥土中の有機物は、陸に近い淺海泥土中の有機物に較べて1/10～1/15程度より酸化されず、しかも底土を 15～30 日間貯藏して有機物を酸化しても窒素の遊離は殆んど見られなかつたと述べている。

ここにえられた實驗結果では、深層泥からの榮養塩の著しい生成はみられなかつたが、表層泥からは急速に著しい可溶性榮養物質が生成された。表面から 40cm 深までの各深度の泥土を10日間 26°C で貯藏して後、生成した榮養塩量からも知られる様に、榮養塩の生成量は極く表層部で大きく、深層部では概めて小さいことは注目される。この様な榮養塩の生成は、有機物の分解の結果無機化し可溶化したものと考えられるから、底土中に含まれている有機物の質・量が大いに關連してくる。有機物の底土中での垂直分布をみると、灼熱減量及び全窒素は、20% 塩酸で浸出した燐酸量と共に、第 2 表、第 4 圖に示した如く、表層部には著しく多く含有されており、底土の深度の增加と共に減少する傾向が明かに知られる。この様な底土の深度と有機物量の分布との關係は、菅原（1939），室月・白石・倉澤及び北澤（1949）によつて湖沼底土について、また Revelle, 及び Shepard(1939)，Waksman, Reuszer, Carey, Hotchkiss 及び Renn（1933）, Reuszer（1933）等によつて、海底土について夫々同様の傾向のあることが報告されている。Moore（1930）は底土中の P_2O_5 及び N_2 について測定した結果、一般に泥深の增加と共に減少するが、P_2O_5 は 10～15cm 深で增加することを認めた。さらに Anderson（1939）は、有効性有機物含量の指標としての酸素消費量は、底土表層部で大きく下層に向つて、漸減する傾向が往々みられることを認めた。また Waksman（1938）も同じ様な測定結果から、泥土表層では下層よりも容易に酸化されることを報告している。

底土中の有機物の分解は、多くの場合バクテリヤの活動によると考えられるが、バクテリヤの分布については、淺海は外洋に比して海水中のバクテリヤ數が多く、淺海中特に港灣で大きいことはよく知られている。Reuszer（1933）は底土中のバクテリヤの分布について報告し、底土直上の海水よりも著しく多く、底土の深さと共に減少するが、表面から2.5cm まで急激に減少し、バクテリヤの活動に必要な未分解の有機物を含む極く薄い表層部では、バクテリヤの數だけでなく、その種類も下層より多いと述べている。また Lloyd（1931），Waksman, Reuszer, Carey, Hotchkiss 及び Renn（1933）並びに Zobell, Anderson（1936）等もバクテリヤは底土表層部に多いことを指摘している。また底土中の有機物含量とバクテリヤ數との關係については、同じく Waksman 等はバクテリヤ數と有機物含量とは相關關係があり、有機物含量はバクテリヤ數を支配する一つの要因であろうと述べている。一方 Reuszer（1933)は有機物含量の多い處では、バクテリヤ數も概して多いが、必ずしも一様に有機物の含量とバクテリヤ數とは相關關係がみられないと述べ、このことは有機物の組成や分解程度の差異と關連するものと推論している。

また加藤（1952）は淺海底土の有機成分を分析した結果、底土中有機物質の 1/2～1/3 が海底で變成された、抵抗性の强い腐植態有機質であることを認めた。底土の貯藏中に於ける可溶性榮養塩の生成量が、底土の表層と深層で著しく異つた傾向を示し、表層部の生成量が極めて急速で大きかつたことは、以上の樣な多くの人々によつてえられた研究の成果からも、容易に推定される。即ち表層部と深層部の有機物含量の違い、特に新しい未分解有機物含量の差異、或はそれら有機物の化學組成の差、及びそこに分布するバクテリヤ數の著しい違いに原因していると考えられる。從つて本實驗中、貯藏溫度の違いによつて著しく生成量が異つたことは、バクテリヤの活動に對して溫度等の實驗條件が影響したものと想像される。

Waksman, Carey, Reuszer（1933）は藻類が海水或は泥土中で分解される場合には、バクテリヤの細胞物質を合成するために、利用しうる窒素の存在を必要とすると述べている。また 1937年の報告[31]によると、エネルギー源としてグルコースを海水に加えると、バクテリヤが繁殖し、海水中の燐酸は急速にバクテリヤによつて消費され、間もなくバクテリヤ數の減少と共に、再び海水中に再現するという。Renn（1937）も同樣に、海水中に燐酸とグルコースを添加した場合、5 日間でバクテリヤ數は最大値に達し、完全に燐酸は同化されることを認めた。さらに Keys, Christensen 及び Krough（1935）は時として燐酸の欠乏は細菌の活動の制限因子の一つとなりうると推論している。筆者の實驗中で、表層泥にバクテリヤの活動を促進するために、そのエネルギー源としてのグルコースを添加して貯藏した場合、無添加試料に比して、6°C 及び 26°C 貯藏の兩者共、著しいバクテリヤの繁殖がみられた。しかるに貯藏中に生成した NH_3–N 及び PO_4–P 量は、無添加試料よりも僅少であつた。また無處理の表層泥でも、貯藏日數の經過と共に、PO_4–P の生成量は一度極大値に達して、その後次第に減少した。その上深層泥の場合も、實驗開始前に含まれていた PO_4–P は、日數の經過と共に漸減したことは著しい現象であつた。この樣なグルコース添加試料が、無添加試料に比して、NH_3–N や PO_4–P の貯藏中の生成量が小さく見えることは、バクテリヤ數の消長からも知られる樣に、貯藏中にバクテリヤが著しく繁殖し、そのバクテリヤによつて消費されたために、見掛上生成量の實驗値が小さくなつているものと思う。また PO_4–P が日數の經過と共に減少したことも、同樣の原因によつたものと推定され、こうした推定は Waksman 等や Renn の實驗結果からも窺い知ることが出來る。

松江（1949）によると、珪藻にクロロホルムやトルオールを添加した場合、その細胞内に中間有機化合體として、多量に貯藏されていた燐酸は、細胞内に存在するフォスファターゼの働きによつて、急速に燐酸を遊離する。その場合、クロロホルムやトルエンの添加は防腐上の効果はあつても、珪藻からの燐酸の溶出を阻止することは出來ないと報告している。筆者の實驗中で、表層泥にトルエンとクロロホルムの混合液（1:1）を添加して、バクテリヤの活動を抑制して貯藏した試料では、NH_3–N や PO_4–P では無處理試料に比してその生成量は小さかつた。しかし實驗初期に急速にその含量が増加して 3～5 日以後は殆んど著しい增減はみられず、しかも貯藏溫度の

違いによつて、他の例の様な大きな差はなかつた。この様に 3〜5 日までの間に、PO_4–P の生成量が急速に増加したことは、松江の實驗結果でみられる様に、表層底土中に存在していたプランクトン、或はバクテリヤから溶出し、しかも以後のバクテリヤの活動が抑制されて、バクテリヤによる消費がないために生じた現象であるとも考えられる。また NH_2–N についても同様の理由に因つたものと考えられるが、必ずしも明かでない。一方 SiO_3–Si は NH_3–N や PO_4–P と異つて、夫々同じ溫度で貯藏した無處理試料の生成量と、殆んど同様の値を示した。この SiO_3–Si の生成量が、防腐劑の添加の有無とは無關係の様な結果を示したことは、SiO_3–Si の生成量はバクテリヤ等の、生物的な働きだけによるものではなく、他の條件（化學的作用の様な）も大きく關連していることを意味するのかも知れない。しかしここではその機構を明かに知ることは出來ない。表層底土を適當な條件のもとで貯藏する場合には、可溶性無機榮養塩の生成が短期間に急速に行われることが、以上の實驗結果から容易に知られた。

II. 底土に含まれている可溶性榮養鹽の海水中への擴散・溶出について

可溶性無機榮養塩含量の大きい底土を、シリンダーに詰め、海水を加えて靜置すると、可溶性の無機榮養塩は極めて容易に海水中へ擴散する。海水の交換を繰り返し、約 106 日間經過した後でも、なほ可なりの量が擴散溶出することが知られた。一方シリンダー中の底土は 106 日後、表層部近くでは可溶性榮養塩の含量が、極めて少量しか含有されておらず、表層部から逐次海水中へ擴散溶出し去つたものと思われる。一般に海底土でも、表層部の榮養塩含量が僅少であることは、これまでの現場調査でも觀察されている。一方前述の様に表層泥中には有機物含量が大きくまた適當な條件下では急速にしかも容易に可溶性榮養塩が生成される。こうした一見矛盾した事實は、シリンダー中の泥土と海水の間で起つたと同様、自然に於ても可溶性榮養塩の生成速度とその底層海水中への擴散速度はほぼ等しいことを示すものであろう。

次に測定した榮養物質の擴散する速度についてみると、SiO_3–Si, PO_4–P や無機態窒素の間では、その速度は必ずしも一様ではなく、PO_4–P と無機態窒素では殆んど同様の傾向を有し、SiO_3–Si に比して著しく迅速であつた。この點は前述の様に、實驗期間中に溶出した榮養塩の 1/2 量が溶出するために、PO_4–P 及び無機態窒素では約 20 日間で、SiO_3–Si はその 2 倍餘の日數を要したこと、及びシリンダー中の泥土に現われた様な、泥土の深度と可溶性榮養塩の勾配からも知られる。

シリンダー泥土の第 1 層（0〜0.5cm）中の PO_4–P が、NH_3–N や SiO_3–Si の様に最低値を示さず、第 2 層（0.5〜2cm）よりも高い値であつたことは注目され、その原因については直接の検討を行わなかつたが、以下に少しく考察する。この表層部は黑色を帶びた内部とは異つて、むしろ茶褐色を帶び、内部に比してより酸化の進んだ樣相を呈していた。水田土壤ではその還元力の増減によつて、燐酸の溶解度が著しく左右されることが知られており[11]、この表層部と内部との酸化還元狀態の違いも、こうした現象と關連があるものと思われる。Stephenson（1948）に

よると、泥を含んだ海水の濾液を一晝夜放置すると、濾液中の PO_4–P の濃度は減少し、それを振盪すると PO_4–P は再びもとの値に戻るという。また海水を長い期間放置した場合には、海水中の PO_4–P は消失し、容器の壁に附着して生きているバクテリヤによつて吸收されることを認めた。そして Stephenson はこうした現象について、振盪などによつてバクテリヤは破壊され、PO_4–P を多く含むバクテリヤの原形質から燐酸が遊離し、容器の壁面等に生きているバクテリヤによつて再び吸收されると推論した。また柳澤（1936）は採集プランクトン珪藻の死後、燐酸の溶出があり、溶出速度は極めて速かである點から、珪藻の細胞膜に多量の燐酸が吸着されているものと推定した。さらに松江（1949）は前述の樣に、珪藻には燐酸をその中間有機化合體として貯藏する作用のあることを報告している。各氏のこの樣な實驗結果に照らして、筆者の實驗に於ける第1層泥土中の PO_4–P 含量の高かつた點について類推すると、泥土表層部に生きている微生物（珪藻類をも含めて）によつて吸着され、或は貯藏されていた PO_4–P が、振盪中に溶離したという生物的な作用も、前述の化學的な理由と共に、その原因の一つとして考慮されるべきであると思う。

第7圖にみられた樣に、NH_3–N から NO_2–N 或は NO_3–N への轉換、及び NO_3–N や NO_2–N が消失して、NH_3–N が增加した如き、窒素の著しい形態轉換について、以下に少しく考察する。海洋に於ける硝化作用及び脫硝化作用については、早くから多くの人々によつて研究され、可なりの成果がえられている。Cooper（1937）は海に於ける窒素の循環に關して、その形態轉換についての檢討を行い、その結果一般に蛋白質、アミノ酸、アミン及び尿素の樣な化合物からは加水分解、或はバクテリヤの作用によつて NH_3–N が形成され、次いで NO_2–N, しかる後 NO_3–N に變ると推定した。Harvey（1925, 1926）は硝化細菌は外洋水中に存在しないが、海底土には存在すると述べている。同樣にLipman, Brandt, Issatchenko 及び Thomsen も確認している樣であるが、筆者は未だそれらの原報に接していない。von Brand, Rakestraw 及び Renn（1937, 1939）の實驗では、海水中の有機物が分解すると、NH_3–N が生じ、それが NO_2–N の中間過程を經て NO_3–N に轉換した。その NO_3–N を含む海水に珪藻を接種して、明かるい場所に置くと、NO_3–N は完全に消費されて有機物に變化した。この樣な窒素の循環は、同じ海水中で繰り返えされうることが實驗的に認められた。また Waksman, Hatchkis 並びに Carey（1933）は、培養基に海水及び底土を接種して試驗した結果、海水中特に表層水中には硝化細菌を含まないか、含むとしてもごく僅少であり、底層水や海底土には豐富であることを認めた。これより海に於ける NO_3–N の形成、蓄積は恐らくこれら生物の活動によるもので、NO_3–N や NO_2–N の形成は海底で行われ、形成された NO_3–N は海水中へ擴散するものであろうと推論している。Carey（1938）も同樣の事實を認め、さらにプランクトンを多く含む海水では、NH_3–N は NO_2–N に容易に酸化されることを示した。一方NO_3–N から NO_2–N 及び NH_3–N に還元するバクテリヤの海水及び底土中に廣く分布していることは、同樣に Waksman 等によつて認められている。

筆者の實驗中で、窒素の形態が轉換した現象が、底土中の NH_3–N が海水中へ溶出した後に、海水中で NO_2–N や NO_3–N に轉換したものなのか、或は底土中で NH_3–N から NO_2–N 及び NO_3–N に轉換した後、海水中へ擴散したものかという點について檢討した。先づ底土中で NH_3–N から NO_2–N, さらに NO_3–N に轉換して、その後に NO_2–N 或は NO_3–N として海水中へ溶出したものかどうかについて考える。若しも底土中で NO_2–N や NO_3–N が形成されて後、海水中へ擴散溶出したものと假定すると、實驗の終了時は、海水中の NO_3–N 含量が大きい時であつたから、當然底土中の含量も非常に大きくなければならない。しかるに底土の內部の窒素は、その大部分は NH_3–N の形で存在しており、少くも 2・3cm 以深では、NH_3–N から NO_2–N さらに NO_3–N への變化が起つたとは考えられない。しかし 2 cm 以淺の表層では、NO_3–N の含量は內部に比して、極めて高い値を示しておりこの表層部で NH_3–N から NO_2–N, さらに NO_3–N への轉換が起る可能性は大いに考えられることである。また底土の表層で NO_3–N が形成されたものでないとすると、NO_3–N の形成は底土から海水中へ NH_3–N として溶出後、海水中で起つたことになる。若しも假りに海水中で、NH_3–N→NO_2–N→NO_3–N への轉換が行れたとすると、底土表層部の NO_3–N の高い含量は、海水中に含まれている NO_3–N の影響を受けた結果と考えられるから、この表層底土中の含量として表われた NO_3–N は、その大部分が底土中に存在する遊離海水中に、含まれていたと考えて良いであろう。從つて海水と接觸している底土表層部の遊離海水中の NO_3–N の含量は、海水中から擴散したものであるから、海水中の含量に極めて近いか、幾分低い値を示すべきであろう。こうした觀點から、最後の交換海水中に含まれていた NO_3–N の量と、表層底土の遊離海水中の NO_3–N 含量を比較すると、海水中では 370γ/L であり、底土遊離海水中には 890γ/Lであつて、遊離海水中の含量は海水含量の約2倍餘の値を示している。この様な結果は、前述の假定を却ろ否定するもので、表層底土中の NO_3–N の高い含量は、海水中の NO_3–N の影響だけでなく、他の原因によつたことを意味するものと考えられる。少くも前述の結果等をも考慮するとき、NH_3–N→NO_2–N→NO_3–N への轉換が、底土表層部では起こりえたとの推定は容易に行われる。海水中で NH_3–N→NO_2–N→NO_3–N の轉換が行われたかどうかは直接は解らないが、若しも NO_2–N 及び NO_3–N の形成が行われたとすると、シリンダーに海水を加えて靜置した期間は、3〜6 日間であるから、この短日間に NO_2–N や NO_3–N が形成されたこととなる。しかるに von Brand, Rakestraw 及び Renn (1937, 1938) のプランクトンから硝酸塩の生成に關する實驗や、Waksman, Hotchkiss 及び Carey (1933) の培養試驗では、NO_2–N の形成はこの様な短時日では起こらないことを示している。NO_2–N を經て形成される NO_3–N については、さらに多くの日數を要している。こうした點を考慮すると、本實驗に於ける NO_2–N や NO_3–N の形成は、主として海水中で行われたとは考え難い様であり、したがつてこの硝化作用は、一部は海水中で行われたとしても、その大部分は底土表層部で行われたものと考えてよいであろう。

窒素の NH_3–N→NO_2– N→NO_3–N の轉換には、バクテリヤの活動による他に、光化學的な酸化作用及び純粹な化學的酸化作用も重要な役割をなすことが知られている。(The Oceans, 1946) 本實驗でシリンダーは前述の様に、比較的採光の悪い場所に置いたものであり、光化學的な酸化はあまり關與しなかつたのではないかと思われる。しかし泥土表層部は、前述の如く底土深層部に比して、極めて酸化の進んだ様相を呈しており、從つてこの表層泥土中で行われた硝化作用は、バクテリヤによる酸化作用と共に、化學的な酸化作用も原因となつていたとも考えられる。明かには解らないがこの様な原因によつて、深層部から漸次擴散して來た NH_3–N が、表層部で活潑に NO_2–N や NO_3–N に變えられて、海水中へ擴散溶出したものと思う。

また第7圖中、約60日目頃から一度消失していた NH_3–N が増加し、一方 NO_2–N や NO_3–N が消失した現象は注目される。これは單に60日から90日目頃までの期間中に、硝化作用に關與するバクテリヤや、その他の酸化作用が何等かの原因によつて低下されたために、深層部の NH_3–N がそのまま海水中へ擴散したものなのか、或は脱硝化バクテリヤ等により、特に硝酸の還元作用が、この時期に發達したことによるものかは明かでない。以上の様な實驗室內の條件で觀察された窒素の形態轉換の事實が、自然狀態でも同様に起こりうるものかどうかという點については、今後更に研究を進めて明かにしたいと考える。

次に全期間を通じて、海水中へ溶出した可溶性榮養塩の量は、實驗開始前に泥土中に含まれていた全量の、燐酸は18%，珪酸は24%で、窒素では 26% であつた。またこの値は泥土中の可溶性榮養塩含量が、表層部に向つて著しく減少し始めた深度、即ち約 10cm 深までの（但し珪酸塩は約7cm 深であつたが、燐酸及び窒素と同様 10cm 深までの含量と比較した）泥土中に含まれていた含量の、燐酸は37%、珪酸は49%で、窒素は52%に相當していた。從つてこの實驗に於ては、10cm 深の泥土から榮養塩は、その含量の1/2近くが溶出したこととなる。シリンダー中の泥土表面 1 cm^2 當りから、海水中へ溶出した可溶性榮養塩の量は、この全期間中には P は39γ, Si は320γ及び N は300γで、これが實驗開始後約6日間では、P は6.5γ, Si は52γで N は66γ であつた。さらにこれを塩釜港の様に、2m 程度の水深に、擴散溶出し他に轉換しないと假定して、海水中の増加量を計算してみると、實驗開始後6日間では、P は32.5γ/L, Si 250γ/L, N では330γ/L, また全期間を通じて、P は約200γ/L, Si は1.6mg/L, N は1.5mg/L となる。しかしながら、これはシリンダー中で海水が靜止した狀態に於ける値であり、實際海で可溶性榮養塩含量の濃密な泥土を、海水中に露出した場合には、海水の流動によつて、擴散作用は促進され、溶出する量は著しく倍加されるものと期待される。

以上の實驗結果の中、(1) 貯蔵中に生成した可溶性榮養塩は、表層泥では極めて大きかつたが、深層泥ではバクテリヤの活動に好適な温度條件の下でも僅少であつたこと。(2) また 40cm 深までの各深さの底土については、同様に表層部での増加は著しく大きいが、第3層（5～10cm）以深の泥土では一般に小さかつたこと。(3) 擴散溶出現象に關する106日間の實驗終了後

シリンダー中の泥土から溶出した可溶性榮養塩は、大部分 10cm 以淺からで、10cm 以深からの溶出は殆んどなかつたこと。これらの點を綜合して推論すると、この港では底土中榮養物質の代謝に著しく關連するのは、ごく表層に限られ、少くも 10cm 以深の底土から可溶性榮養物質が、海水中へ溶出するのは、極めて少いと考えてよいであろう。また港内底土の深層部に、可溶性榮養塩の濃密部の存在するのは、深層部での有機物の分解が、表層部より活潑なためではなく、海水中へ擴散しえないまま、取殘されていることによるのであろう。さらにまた海底へ沈降した後の有機物の、比較的バクテリヤに對して抵抗性の弱い部分の分解は、可なり急速に行われることを意味しているものと思う。

前報に於て、耕耘による可溶性榮養塩の、海水中への溶出の可能性について檢討したが、ここにえられた結果から、この問題について少しく補足的に考察すると、榮養塩含量の濃密な深層部を、海水中に露出した場合には、一時的に海水中の榮養塩濃度を增加させうるが、さらに深層部に含まれている有機物の分解が進捗して、榮養塩を生成し溶出することについては、餘り期待できないものと思われる。

III. 干潟地表層泥中の可溶性榮養塩の生成並びに擴散について

上記の様に、可溶性無機榮養塩の生成、擴散に關して實驗的に檢討したが、自然狀態に於けるこれらの現象について吟味するために、干潟地に於て觀察を行つた。その結果底土は干出後、潤澤な太陽の照射と空氣中からの酸素の供給を受けて、その內に含まれている有機物の化學的な酸化作用が進み、或は生物的な作用によつて、可溶性榮養塩が生成し、それが冠水すると急速に海水中へ溶出してしまうことが知られる。干潟地のこの様な現象は、主として干出時を中心として觀察した現象であるが、當然冠水時にも、底土中の有機物の無機化作用は續けられているものと考える。從つて常時冠水している海底でも同じ様に絕えず、有機物質の沈澱——有機物質の分解(無機化)——可溶性榮養塩の生成——可溶性榮養塩の擴散溶出の過程が、底土表面では續行されているものと考える。

摘　　　要

底土中で可溶性無機榮養物質が生成される過程と、その榮養物質が海水中へ擴散溶出する現象について、實驗室的な檢討と共に、干潟地の自然狀態での觀察を行い以下の様な知見をえた。

(1) 底土を 61 日間、6°C, 26°C で貯藏した場合、表層泥（0～0.5cm）と深層泥（10～15cm）では、貯藏中に生成された可溶性榮養塩の量は異なり、表層泥の 26°C 貯藏の方は、6°C 貯藏に比してその生成量は大きく、しかも 6°C の場合には徐々に生成量が增加したに反し、26°C では極めて短時間に增加がみられた。一方深層泥では、貯藏日數の經過並びに貯藏溫度の高低によつても、表層泥に較べて餘り大きな變化がみられなかつた。

(2) 表層泥にバクテリヤのエネルギー源として、グルコースを添加して貯藏した場合には、貯

藏中の溫度の違いによつてその傾向は少しく異なるが、無添加の試料に比してバクテリヤの繁殖が著しく、一方可溶性榮養塩の生成量は極めて小さかつた。これはバクテリヤの夥しい繁殖の結果、榮養物質がバクテリヤの體構成のために利用され、無機態のものが減少して見掛上、その生成量が小さくなつているものの樣である。

（3） 同じく表層泥に、バクテリヤの活動を抑制する目的で、トルエン・クロロホルムの混合液を添加して貯藏した場合、PO_4–P 及び NH_3–N は貯藏初期の 3〜5日間で急增して、以後實驗終了時まで殆んど同樣の値を維持し、貯藏中の溫度の違いによる差は僅少であつた。しかも無添加試料に比してその含量は小さく、バクテリヤの活動による有機物質の分解作用が、或る程度阻止されたためと思われる。この貯藏初期の PO_4–P，NH_3–N の急增は、泥土に含まれている生物體から、その死後遊離したものらしい。一方 SiO_3–Si では 6°C，26°C 貯藏の兩者共、無處理試料とその生成量及び增加の傾向が極めてよく一致し、防腐劑の添加の有無が SiO_3–Si の生成とは無關係の樣にみえたことは注目される。

（4） また PO_4–P は貯藏日數の經過に伴い、極めて特異な消長を示した。即ち表層泥では貯藏中、一度極大に達した後次第に減少し、一方深層泥でも日數の經過と共に漸減したことは、他の 2 成分の漸增傾向に比して著しい現象であつた。

（5） 松島灣の 5 地點からえた底土について、泥土の深度と可溶性榮養塩の生成量及び二・三の化學成分との關係を檢討した。その結果、一般に底土の表層部では可溶性榮養塩の含量が低く、深層部で高いが、10 日間、26°C で貯藏中に生成した可溶性榮養塩量は、表層部では極めて大きく、10cm 以深の底土では概して小さかつた。一方灼熱減量、全窒素及び 20％ 塩酸可溶燐酸量の殆んどは、表層泥で大きく泥深の增加と共に次第に減少し、10cm 以深の泥土では有機物の分解が或る程度まで進捗している樣であつた。これらの値の分布は、可溶性榮養塩の生成量の分布と極めてよく類似し、この生成量は有機物の含量と著しい相關性が認められた。

（6） 泥土を約 20cm の深さまで詰めたシリンダーに海水を入れ、時折新しい海水と交換して、泥土から海水中に擴散溶出した可溶性榮養塩の量を測定した結果、比較的短時間に榮養物質が容易に海水中へ擴散溶出することがみられた。この實驗終了後、泥土中の榮養物質の垂直分布を調べた結果、海水中へ擴散溶出した榮養物質の多くは、表面から 10cm までの泥土から溶出したものであつた。またこの實驗中、その始め泥土中に含有されていなかつた NO_2–N，及び NO_3–N が實驗開始後約 40 日頃から海水中に檢出され、また實驗終了後、表層泥土中に概して少量ではあるが、NO_2–N や NO_3–N が含有されていたことは特筆すべきことであつた。この NO_2–N や NO_3–N の生成は、大部分泥土表層部で NH_3–N から酸化されたことによるものと推定された。

（7） 干潟地表層泥について、干出中とその前後に於ける可溶性榮養塩含量の消長を觀察した結果、干出後泥土中の可溶性榮養物質は次第にその含量が增加し、冠水するとその生成した榮養物質は海水中へ擴散溶出し、干出前の値に復歸することが知られた。この樣な底土中に含まれてい

る有機物質の分解に伴い、生成された可溶性無機榮養塩が、海水中へ擴散溶出する過程は、單に干潟地だけでなく常時冠水している海底に於ても、同様に續けられているものと考える。

(8) 以上の實驗を通じて、松島灣内で底土が榮養物質の代謝に著しく關連するのは、ごく表層部で、少くも10cm 以深の底土から、可溶性榮養物質が海水中へ溶出することは概して少いと考えられる。しかしこの様な深さについての正確な智識を得ることは、底土の研究上大切であるので、今後さらに検討を進めたい。

参 考 文 献

(1) Anderson, D. Q. (1939) : Distribution of organic matter in marine sediments and its availability to further decomposition. Journ. Mar. Res., vol. 2, pp. 225～235.

(2) Carey, C. L. (1938) : The occurence and distribution of nitrifying bacteria in the sea. Journ. Mar. Res., vol. 1, pp. 291～304.

(3) Cooper, L. H. N. (1935) : The rate of liberation of phosphate in sea-water by the breakdown of plankton organisms. Journ. Mar. Biol. Assoc., vol. 20, pp. 197～200.

(4) ―――― (1937) : The nitrogen cycle in the sea. Journ. Mar. Biol. Assoc., vol. 22, No. 1, pp. 183～204.

(5) Harvey, H. W. (1925) : Oxidation in sea water. Journ. Mar. Biol. Assoc., vol. 13, pp. 953.

(6) ―――― (1926) : Nitrate in the sea. Journ. Mar. Biol. Assoc., vol. 14, pp. 71.

(7) 寶月 欣二・白石 芳一・倉澤 秀夫・北濱 右三 (1949) : 内水面生產力に關する試驗調査報告 湖沼の物質循環及び物象要因と生產力との關係 水產研究會報 第2號 pp. 45～46.

(8) ―――・北澤 右三・倉澤 秀夫・白石 芳一・市村 俊英 (1952) : 内水面の生產及び物質循環に關する基礎的研究 (1) 水產研究會報 第4號 pp. 41～127.

(9) 加藤 健司 (1951) : 海洋底質の化學的研究 第3報北海道北西海域に於ける海底腐植の分布に就いて 北大水產彙報 第2巻 第1號 pp. 10～30.

(10) ――― (1952) : 海洋底質の化學的研究 第6報淺海底土に含まれている海底腐植の有機成分について 北大水產彙報 第3巻 第2號 pp. 121～127.

(11) 川口桂三郎 (1950) : 土壤化學 第6編 水田土壤の化學 養賢堂

(12) Keys, A., Christensen, E. H. & Krough, A., (1935) : The organic metabolism of sea-water with special reference to the ultimate food cycle in the sea. Journ. Mar. Biol. Assoc., vol. 20, pp. 181～196.

(13) Lloyd, B., (1931) : Muds of the clyde sea area. II. Bacterial content. Journ. Mar. Biol. Assoc., vol. 17, pp. 751

(14) 松江 吉行 (1949) : 海水の生理分析とプランクトン珪藻の燐酸貯藏作用 水產研究會報 第2號 pp. 29～42.

(15) Moore, H. B., (1930) : The muds of the clyde sea area. I. Phosphate and nitrogen contents. Journ. Mar. Biol. Assoc., vol. 16, pp. 595～607.

(16) 日本氣象學會編 (1949) : 海洋觀測法

(17) 奥田 泰造 (1953) : 内灣底土中の可溶性榮養塩について 第1報 底土中に含まれている可溶性榮養塩の一考察 東北水研報告 第2號 pp. 109～117.

(18) ――― (1953) : 内灣底土中の可溶性榮養塩について 第2報 底土耕耘による榮養塩溶出の可

能性について 東北水研報告 第2號 pp. 118〜125.

(19) 奥田泰造・佐藤 省吾 (1954)：松島灣の水產資源に關する基礎研究 第1報 松島灣の底質について 東北水研報告 第4號 pp. 189〜209

(20) Renn, C. E., (1937)：Bacterial and the phosphorus cycle in the sea. Biol. Bull., vol. 72, pp. 190〜195.

(21) Reuszer, H. W., (1933)：Marine bacteria and their rôle in the cycle of life in the sea. III. The distribution of bacteria in the ocean waters and muds about Cape Cod. Biol. Bull., vol. 65, pp. 480〜497.

(22) Revells, R. & Shepard, F. P., (1939)：Sediments off the California coast. Recent Marine Sediments, pp. 245〜282.

(23) Stephenson, W., (1949)：Certain effects of agitation upon the release of phosphate from mud. Journ. Mar. Biol. Assoc., vol. 28, pp. 371〜380.

(24) Sugawara, K., (1939)：Chemical studies in lake metabolism. Bull. of Chem. Soc. Japan., vol. 14, pp. 375〜451.

(25) Svedrup, H U., Johnson, M. W. & Fleming, R. H., (1946)：The Oceans, their physics, chemistry, and general biology. New York, Prentice-Hall. Inc., pp. 964〜1, 044.

(26) Waksman, S. A., (1939)：On the distribution of organic matter in the sea bottom and the chemical nature and origin of marine humus. Soil. Sci., vol. 33., pp. 125〜147.

(27) ―――――― (1938)：On the oxidation of organic matter in marine sediments by bacteria. Journ. Mar. Res., vol. 1, pp. 101〜118.

(28) ――――, Reuszer, H. W., Carey, C. L., Hotchkiss, M. & Renn, C. E., (1933)：Studies on the biology and chemistry of the Gulf of Maine. III. Bacteriological Investigations of the sea water and marine bottoms. Biol. Bull., vol. 64, pp. 183〜205.

(29) ――――, Carey, C. L., & Reuszer, H. W., (1933)：Marine bacteria and their rôle in the cycle of Life in the sea. I. Decomposition of marine plant and animal residues by bacteria. Biol. Bull., vol. 65, pp. 57〜79.

(30) ――――. Hotchkiss, M. & Carey, C. L., (1933)：Marine bacteria and their rôle in the cycle of Life in the sea. II. Bacteria concerned in the cycle of nitrogen in the sea. Biol. Bull., vol. 65, pp. 137〜167.

(31) ――――, Stokes, J. L. & Butler, M. R., (1937)：Relation of bacteria to diatom in sea water. Journ. Mar. Biol. Assoc.. vol. 22. pp. 359〜373.

(32) 柳澤 忠實 (1936)：海中に於ける浮游生物の分解について 第1報 主として浮游珪藻に於ける燐・珪酸塩の初期溶出 海と空 第16巻 第2號 pp. 55〜65.

(33) von Brand, T., Rakestraw, N. W. & Renn, C. E., (1937)：The experimental decomposition and regeneration of nitrogenous organic matter in sea water. Biol. Bull., vol. 72, pp. 165〜175.

(34) ――――, ――――, & ―――― (1939)：Further experiments on the decomposition and regenaration of nitrogenous organic matter in sea water. Biol. Bull., vol. 77, pp. 285〜296.

(35) Zobell, C. E. & Anderson, D. Q. (1936)：Vertical distribution of bacteria in marine sediments. Amer. Assn. Petrol. Geol. Bull., vol. 20, pp. 258〜269.

養殖海苔の色澤變化に關する研究※
第1報 水溶性色素の變化について

佐 野 孝

STUDIES ON THE COLOUR CHANGE OF CULTURED LAVERS.
I. ON THE CHANGE OF HYDROCHROME.

By

Takashi SANO

Following the preliminary results on the colour change of the lavers and its correlation to the nutrients of the sea water, the author has been engaged in the culture of them in a room aquarium and fertilization experiments were carried out in Kesenuma and Matsushima Bays from 1951 to 1954.

Method of colour estimation.

The extinction coefficients of the pigments of the dried lavers extracted by sea water was observed using Beckman's spectrophotometer.

Method of fertilization.

a) At the cultural ground a mud block wrapped with cotton cloth was hung near the lavers.

The mud was treated as following: 500g of dried mud was mixed with 100g of superphosphate of lime and soaked in 200 CC of saturated solutions of urea, ammonium nitrate or ammonium sulphate and then dried.

b) In the aquarium the culture solutions of the following composition was used.

A.		B.	
NH_4NO_3	0.8 g	$(NH_2)_2CO$	0.6 g
KH_2PO_4	0.2	KH_2PO_4	0.2
$MgSO_47H_2O$	0.2	$MgSO_47H_2O$	0.2
$FeCl_3$ (2%)	3 drops	$FeCl_3$ (2%)	3 drops
sea water	1000 CC	sea water	1000 CC

The results are summarized as follows:

1) The nitrogen contents of the lavers was proportional to the contents of phycoerythrin and phycocyan up to 8 percent.

2) The colour of the lavers changed to yellow when their nitrogen contents was less than 3 percent.

3) When urea was supplied the yellow lavers in the cultural ground turned black after three days but its effect in the aquarium was seen after only 30 hours.

4) The effect of urea lasted for a shorter period than that of ammonium nitrate, that

※ 東北海區水產研究所業績 第56號

was, the effect of ammonium nitrate arose slowly and its maximum was seen after thirteen days.

5) As the colour recovered from yellow to black the ratio of the extinction coefficients of λ495 to λ560mμ became less.

(I) ま え が き

養殖海苔に化學肥料を施して品質の改善と増産を計ろうとする企は明治時代から幾度かくりかえされてきた。東北地方の養殖海苔では1月中・下旬から色調の變化が目立つてきて、生長も悪く、従つて製品は質的にも量的にも著しく低下するが業者は自然の成行にまかせて放置する以外に方法がないというのが現状である。

特に東北地方の海苔漁場のように、大きな河川の注入がなく、大きな都市からの排水をも受けることのない養殖場では、降雨雪によるか、外洋水の流入による以外に榮養の補給はうけられないから、早春における海苔の色調變化は極めてはつきりしていて、この對策が問題となつている。

筆者は1951年から尿素及びその他の窒素化合物を用いて、海苔の品質低下を防ぐことについて色々實験觀察を行つているが、本文では施肥に關して海苔の窒素含有量の増加、之に伴う水溶性色素の變化について報告する。

試料は氣仙沼灣及び松島灣内の養殖場から實験の都度採取した生海苔を製品とし、デシケーター中に保存し恒量にしたものを適當に細切し分析に供した。

實施各年度の採集箇所の概要は次のようである。1951年度は、松島灣では種付は良好であつたが、12月中旬から赤腐れの發生が見られた。1952年度は、松島灣では11月5日のカムチヤッカ沖地震に伴う高潮のために施設の大部分が破損流失したので、1953年1月・2月に氣仙沼灣内で硝安による施肥實験を行つた。しかし松島灣内でも高潮による影響の少なかつた海苔ヒビを利用して、1953年3月氣仙沼灣と同様に硝安による實験を行つた。

1953年度は一般に種付は薄く、雑草が多かつたといわれ、松島灣では1954年1月中旬から海苔の色調は悪くなり、2月中旬には殆ど黄色に變化したので、尿素と硝安による比較實験を行つた。その他、萬石浦及び松川浦にても同様な試験を實施した。

水溶性色素の抽出法には吟味を要する點が多々あると思われるが、海苔の色素の變化増減を簡單に測定する方法がないので、筆者は主に海水を使用して抽出を行つた。

即ち乾海苔を適當に細切して微粉末とし、その0.5gを100ccの酸素瓶に海水50ccと共に入れて密栓し、防腐劑としてトルオール及びクロロホルムの等量混液を少量加えて、室溫で暗所に放置し、3日間海水に浸出させた後、東洋濾紙5Bで濾過し、その濾液をベックマン分光光度計で測定した。

(II) 抽出液と水溶性色素に關する吟味

海苔の色素蛋白については、從來多くの研究者によつてその性質が究明されている。

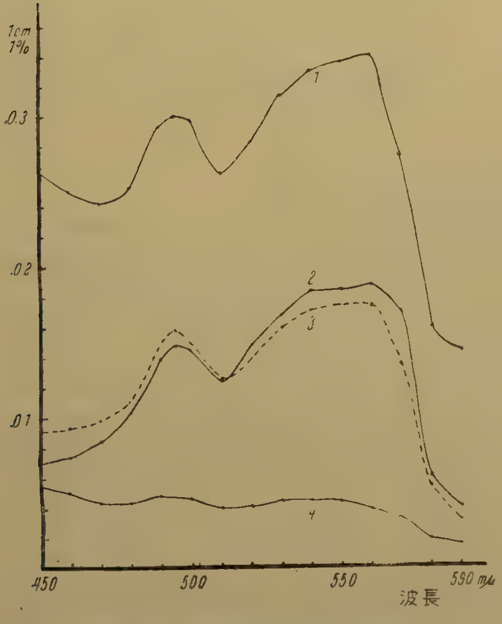
第1表

試料番號	窒素含有量(%)	抽出液濃度(%)	抽出液
1	2.82	4	海　水
2	5.09	1	海　水
3	5.09	1	蒸溜水
4	2.82	1	海　水

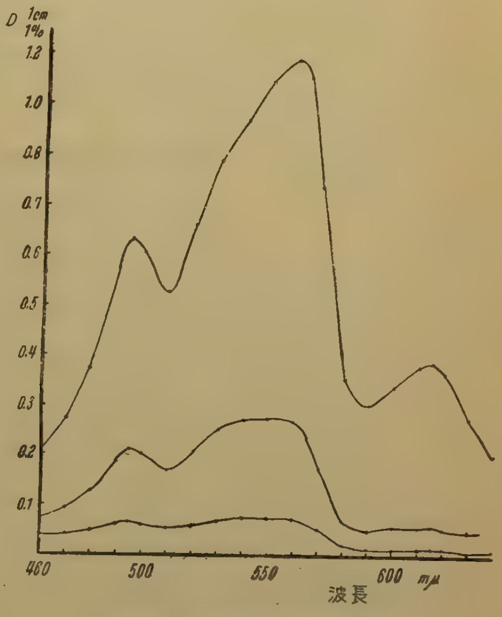
筆者は海水を用いて抽出し、その浸出液について吟味し併せてフイコエリスリン及びフイコシアンについて檢討した。

普通海苔から色素を抽出するには水浸出液の吸收曲線を檢しているので、第1表のように海苔の窒素含有量約5%及び約3%の乾海苔を用いて、蒸溜水又は海水（Cl 18.52‰・pH 8.3）で3日間抽出し、浸出液の吸收帶の波長300～700mμまでの吸光度を測定した。そのうち最大吸收部の波長450～590mμの吸收帶について見ると第1圖のように、試料1・2・3はいづれも同一波形を示している。

海苔の色調を異にする3種類の海苔について、フイコエリスリン及びフイコシアンを檢討するために、海水1%抽出液の吸光度を測定した結果を見ると第2圖の様になる。



第1圖　水溶性色素の吸收曲線



第2圖　水溶性色素の吸收曲線

可視光線の限界並に色の境界を決定するのに個人差のあることは勿論であるが、色相の波長（宮下[1)]'52）と海苔の水溶性色素の吸收部の波長とを對比すると第2表のようになる。

即ち海苔の水溶性色素の吸收部の波長λ620～600mμは可視光線の橙色部、λ565～550mμは黃綠色部・λ540～510mμは綠色部、λ500～490mμは靑綠色部に相當する。

Kylin[2)]（1910）等が紅藻類のフイコシアン（A）とフイコエリスリン（B）について測定した吸

第2表

可視光線		海苔の水溶性色素
色相	波長の範圍 (mμ)	吸收部の波長 (mμ)
橙	630～590	620～600
黄	590～575	—
緑 黄緑	575～550	565～550
緑 緑	550～510	540～510
青 青緑	510～490	500～490
青 青紫	490～440	—
菫	440～390	—

第3表

(A). 吸收部の波長	615～610mμ	615mμ	615mμ
(B) I. 吸收部の波長	569～553 〃	566 〃	565～550
(B) II. 吸收部の波長	541～510 〃	540 〃	540～511
(B) III. 吸收部の波長	498～492 〃	497.5	495
研究者	Kylin	Svedberg	Lemberg

收部の波長第3表と水溶性色素の吸收部の波長（第2表）とを比較すると殆ど一致する。

可視光線について見ると、橙色部はフイコシアン（A）で、黄緑青色部はフイコエリスリン（B）と思われる。

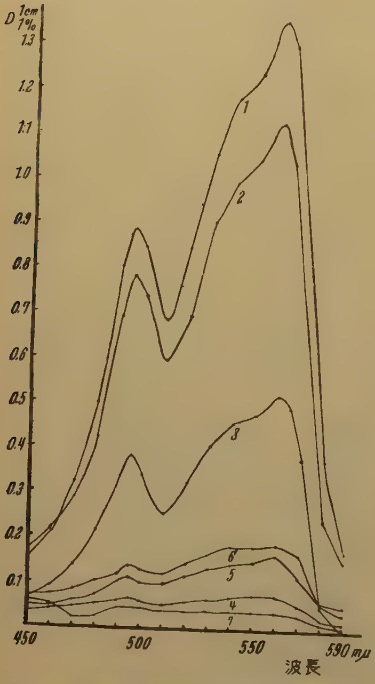
補色關係を有する2色相關係の波長（宮下[1]'. 52）を見ると第4表に示すようになる。

海苔の水溶性色素の色は赤紫色を帶びていることから、赤色は緑青色部の最大吸收部の波長495mμと紫色は黄緑色部の最大吸收部の波長560mμと補色關係が成立つものと思われる。

第4表

色相	波長 (mμ)	補色對	波長 (mμ)
赤	656.2	緑青	492.1
橙	607.2	青	489.7
金黄	585.3	青	485.4
金黄	573.7	青	482.1
黄	564.1	藍青	464.5
緑黄	563.6	菫	433.ab

（III）水溶性色素と窒素含有量との關係



第3圖　海苔の吸收曲線の季節變化

氣仙沼灣及び松島灣内の養殖場から採取した海苔の窒素含有量と水溶性色素の吸收曲線を見ると第5表及び第3圖のようになる。

第5表

氣仙沼灣 試料番號	採取月日	全窒素量 (%)	松島灣 試料番號	採取月日	全窒素量 (%)
1	1951. 12.3	8.52	6	1953.3.15	5.08
2	〃 12.14	8.42	7	〃 4.1	2.82
3	1953. 1.13	6.39			
4	〃 2.6	1.77			
5	〃 2.25	2.84			

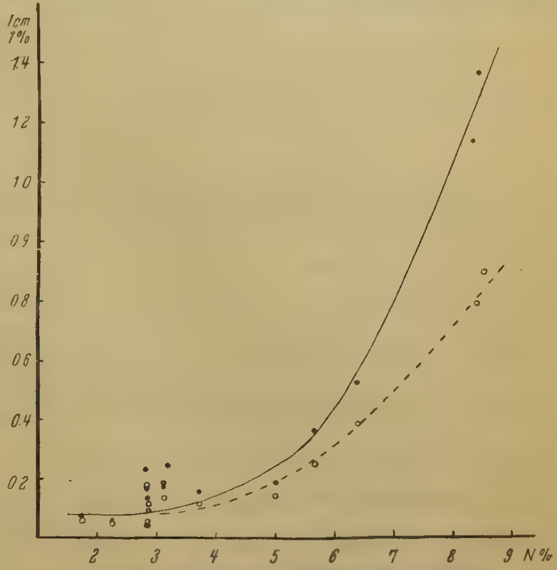
海苔の窒素含有量は、採取年次・採取場所により異つているが、氣仙沼灣・松島灣共に時期の經過と共に減少している。この兩灣の海苔の窒素含有量と水溶性色素の吸光度について見ると、海苔の水溶性色素の變化は窒素含有量の増減と殆ど同様な變化を示している。即ち氣仙沼灣においては、12月（1. 2）は海苔の色調は良好であるが

1月・2月（3.4.5）と時期が進むにつれて海苔の色澤は悪くなり、特に2月上旬（4）には黄色に變化する。他方3月松島灣内にて採取した海苔の窒素含有量は約5％で、氣仙沼灣内の2月の海苔よりも色澤は良好であつたが、終末期4月には黄變した。

即ち海苔の窒素含有量と色調は時期の推移と共に變化するが、その生育場所及び環境要因の變化によつても大きく影響されることが考えられる。

この結果から色素溶液の吸光度と溶解している色素の重量とが比例すると假定して水溶性色素の最大吸收部の波長即ち560mμと495mμの吸光度の値と、海苔の窒素含有量との關聯について分析した。

この實驗結果から水溶性色素の吸光度と窒素含有量との關係を圖示すれば第4圖のように、水溶性色素が増加するに從つて窒素含有量も増加する。又窒素含有量が3％以下になると、海苔の色調は黄變することが觀察された。



第4圖　海苔の吸光度と窒素含量との關係
●——560mμ　　○……495mμ

(IV) 養殖場における施肥實驗

海苔の色調は海苔の種類・季節により、又その内灣の養殖場によつて異なることは明らかで、業者は永い經驗から最も適當な條件の好い場所に密集して移植を行つている。又移植後程なく黄變し、品質が低下し、成長の悪いような場所は一般に潮流の弱い所で、内灣ではこのような所は殆ど利用されていない。しかし内灣によつてはこのような未利用海面の面積は養殖場の面積よりもはるかに廣く、その利用方法が問題となつている場合が多い。他方海苔の色澤變化は榮養の如何によるとはいえ、如何なる形態の窒素成分によるものか、又他の微量成分との關係はどうなつているか、又水温との關係はどうかと云うことは未だ充分には明らかでない。

今回は主に窒素の施肥を行つた場合に海苔の色澤、特に水溶性色素がどの様に變化するかを調査した結果を述べる。

(1) 施　肥　方　法

從來海苔の施肥については、葉面撒布法と吸着劑による擴散法が行われてきた。

撒布の場合は海苔ヒビの干出時間がその日の潮汐によつて異なり、又實際に撒布して見た例では、勞力が大きいにも拘らず、海苔には著るしい變化が見られなかつたので、筆者は吸着劑による方法を採用することにした。

吸着劑としては松島灣の底土は非常に微粒であり、又この土壤を日乾すると含まれる有機質の分解の爲に多量のアンモニアが生成することから、此の海底土を基劑として用いた。

即ち日乾し微粉末とした 500 g の海底の泥に過燐酸石灰 100 g を混合し、これに尿素・硝安又は硫安の飽和溶液 200 cc と、鐵鹽 2 % 溶液 20 cc を吸着乾燥した固型肥料を木綿の布、又は竹筒に入れて、海苔ヒビの上約 20～30 cm に垂下して實驗を行つた。

水溶液の飽和度が異なり、且窒素分の含有量が異なるので、20°C における尿素・硝安及び硫安の水 100 g 中に溶解する量及び溶存窒素量を見ると第6表のようになる。

第 6 表

肥料名	溶解量（g）	含有窒素量（%）	飽和溶液 100g 中の窒素溶存量（g）
尿　素	105.0	46	23.5
硝　安	63.0	35	13.5
硫　安	51.8	21	7.1

第7表

肥料名	窒素溶存量（g）
尿　素	47.0
硝　安	27.0
硫　安	14.2

實際に施肥實驗に使用した固型肥料の窒素溶存量は大略第7表のようになる。

尿素は硝安・硫安に比べて遙に溶解度が大きく、窒素含有量も大きい。即ち尿素の窒素溶存量は硝安の約2倍であり、又硝安は硫安の約2倍となつている。

（2）　氣仙沼灣における實驗例

海苔の色調が惡變した時期、即ち 1953 年1月14日氣仙沼灣において第5圖に示すように、12ヶ所の觀測地點を選んで、海苔養殖場の水質調査及び海苔の窒素含有量について分析を行つた。

第5圖　氣仙沼灣における觀測地點

その結果は第8表に示す通りである。

T-Cl diagram から考えられる環境要因について考察すると、水溫は 6.4～8.6°C で、St. 5 が 6.4°C の最低値を示していた。

鹽素量の分布は、St. 12 附近は 17.8‰、その他の各地點はいづれも 18 ‰ 以上である。

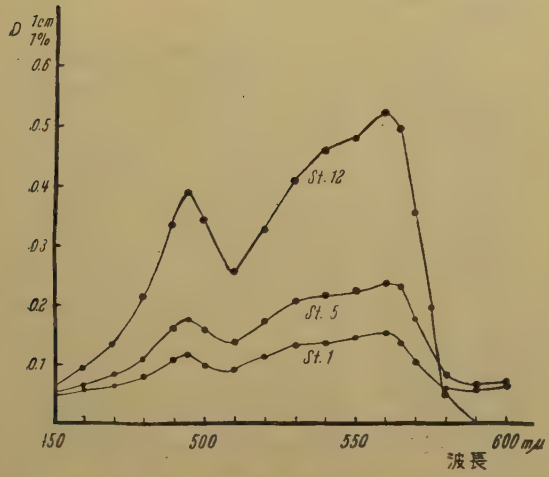
表層における可溶性榮養鹽の溶存量は、NO_3'–N は St. 11・12 附近を除く各觀測地點は全く皆無であつたが、$NH_4^{\cdot}$–N は 50～100 γ/L の値を示していた。P は 5～8 γ/L の値で、海苔の N : P = 7 : 1 の比を滿足する $N(NO_3' + NH_4^{\cdot})$ に對する P の數値を算出すると、表中 P＝N/7 の項に示すようになつて、計算値よりも少ない。即ち比較的な表現ではあるが、この場合燐酸鹽の方が窒素鹽より不足している。

海苔の窒素含有量は、St. 12 附近のものは約 6 % であるが、St. 1・5 附近のものは 4～3 % に減少を示し、灣奥部から灣口に行くに從つて減少している。

第 8 表

Station Nos.	w.t C°	pH	Cl ‰	P γ/L	NO_3-N γ/L	NH_4-N γ/L	P=N/7 γ/L	Nitrogen of lavers %
1	8.6	8.4	18.74	8	—	100	14.2	3.72
2	8.5	8.4	18.67	6	—	100	14.2	—
3	7.5	8.3	18.64	6	—	100	14.2	—
4	7.9	8.3	18.70	5	—	100	14.2	—
5	6.4	—	18.57	5	—	100	14.2	3.20
6	7.4	—	18.65	5	—	100	14.2	—
7	7.4	8.4	18.61	5	—	60	8.5	—
8	6.6	—	18.31	5	—	60	8.5	—
9	8.2	8.4	18.58	5	—	60	8.5	—
10	8.6	8.4	18.76	5	—	50	7.1	—
11	8.5	—	18.61	6	35	50	12.1	—
12	7.5	8.3	17.81	6	5	100	15.0	6.39

P=N/7は海水中のN (NO_3+NH_4) の $\frac{1}{7}$ の數値で、即ちN:P=7:1の比を滿足するPの量を示す



第6圖　氣仙沼灣における海苔の吸收曲線

St. 12附近で窒素含有量の多いのは河川の影響によるものと思われ、色調は良好であつたが、St. 1・5附近の海苔は色澤惡く、稍黄變していた。第6圖に示した水溶性色素の吸收曲線から見ると、海苔の窒素含有量と反對にSt. 5附近の海苔はSt. 1附近の海苔よりも色澤は良好であつた。この原因については明らかでない。

水質關係から見て、この時期における氣仙沼灣内の海苔の色澤變化に影響する要因としては榮養鹽中、特に NO_3'-N及びPが少なかつた事で、之は河川及び外洋水による榮養鹽の補給の不足と思われるが、其他榮養鹽以外の微量成分による影響も考えられ、これらの要因の中で最も海苔の色澤變化に關係の大きい要素は何んであるかは未だ明らかでない。

然しこれらの環境條件のもとで、榮養源を補給することによつて、海苔の色澤に變化があれば榮養源の缺乏が色澤變化の要因の一つであることが明らかである。

そこでSt. 5附近の潮流の弱い養殖場に硝安及び燐酸塩の補給を行つて、海苔の色澤變化を觀察した。

その結果は第9表に示す通りである。尚參考として松島灣における實施例も同様に表示した。

海苔の水溶性色素は施肥しなかつた對照海苔に比較して增加し、水溶性色素と窒素含有量との關係は第4圖に示した曲線と同様に、海苔の水溶性色素が增加するに從つて窒素含有量も增加し

第 9 表

試料番號	施肥月日	採取月日	吸光度 495mμ	吸光度 560mμ	全窒素量 %	施肥場所
A	1953.1.17	2.6	0.176	0.230	2.81	氣仙沼灣
	對　照	2.6	0.066	0.074	1.77	
B	1953.2.10	2.25	0.250	0.361	5.68	氣仙沼灣
	對　照	2.25	0.112	0.165	2.83	
	對　照	2.25	0.090	0.135	2.84	
C	1953.3.9	3.13	0.132	0.173	3.11	松島灣
	對　照	3.13	0.058	0.061	2.25	

た。

Aの實驗に見られるように、窒素含有量約2%内外になつた海苔に施肥したものは回復が遲く、約20日後に窒素含有量は3%になつた。然しBの實驗では窒素含有量は實驗當初約3%内外で、回復も早く約2週間後には窒素含有量は5.7%に增加した。

第7圖　松島灣における觀測地點

(3) 松島灣における實驗例

松島灣内の養殖場では、毎年1月中旬頃から海苔の色調が惡くなる。海苔の色澤は潮流の早い養殖場程良好で、成長も好いといわれている。然しながら第7圖のSt. 1・2附近の養殖場では、沖合からの流量も多く、潮流も早い場所であるにも拘らず毎年塩釜港内の養殖場よりも早く黄色に變化し、從つて終了期も早い。これらの原因を調査する目的で、1952年6月から小潮時に金島水道の陸寄りから沖合に4ヶ所の觀測地點（St. 1•2•3•4）と塩釜港内に1點（St. 5）を選んで、水溫・塩素量・溶存酸素及び可溶性榮養塩の季節變化を調査した。

その結果を第10表に示す。

(i)　水溫・塩素量の季節變化

金島水道の陸寄りから沖合へかけてのSt. 1•2•3•4について調査した結果から、下層の水溫及び塩素量について、T〜Cl diagramの季節變化を見ると第8圖に示す通りである。

水溫は6月・7月と次第に上昇し、7月中旬には、St. 1とSt. 4の水溫差は約6°Cにも達する。海苔の附着期である9月下旬には、St. 1〜4の水溫は20〜23°C、水溫差は約3°Cを示している。

第 10 表

Date	Station No.	Depth (m)	w.t °C	pH	Cl ‰	O_2 ‰	Si γ/L	P γ/L	NO_2-N γ/L	NO_3-N γ/L	NH_4-N γ/L
	1	0	21.40		16.74	5.18	1400	10	4	5	40
1952		4.0	19.80		16.93	5.32	1400	10	4	5	40
	2	0	20.60		16.91	5.43	1400	7	3	—	20
		4.0	19.00		17.13	5.29	1400	7	3	—	20
June.	3	0	20.30		16.95	5.79	1400	7	3	—	10
		6.0	18.50		17.43	5.29	1400	8	3	15	10
	4	0	20.20		17.00	5.83	600	6	3	—	10
17.		7.0	16.20		18.14	5.71	700	10	6	—	10
	5	0	20.60		16.87	5.21	1400	7	4	—	20
		1.8	19.60		16.73	6.13	1400	7	4	—	20
		0	23.9		10.44	4.99	2500	12	—	45	160
1952		3.9	23.6		15.02	2.07	2000	40	6	30	330
	2	0	23.5		12.05	4.99	2000	12	14	65	160
		5.7	21.3		16.04	3.46	1400	12	—	35	100
July.	3	0	23.3		11.99	5.68	2000	12	—	35	40
		5.6	20.9		16.58	4.16	1000	20	4	20	40
	4	0	23.2		12.60	5.67	2000	4	—	15	40
18.		6.2	17.5		18.11	5.23	400	4	4	15	20
	5	0	23.3		5.95	4.71	5000	4	50	56	330
		1.8	22.2		13.49	—	2000	32	12	60	300
1952	1	0	25.4	8.1	15.52	4.47	1000	22	2	10	100
		4.0	22.6	8.3	16.92	4.43	700	20	2	10	100
	2	0	24.8	8.3	16.08	4.62	1000	12	2	10	160
July.		6.0	21.0	8.3	17.67	4.90	400	12	2	< 5	100
	3	0	24.3	8.3	16.27	4.96	600	12	tr	< 5	100
		7.0	19.0	8.3	18.22	×	400	12	2	< 5	100
30.	5	0	25.6	8.2	15.60	3.98	1200	24	tr	35	160
		2.5	23.9	8.1	16.55	4.90	1200	20	3	35	250
	1	0	23.1	8.0	16.57	4.41	1400	32	7	45	100
1952		4.0	22.8	8.0	16.91	3.84	1400	32	7	45	100
	2	0	22.9	8.1	16.90	5.75	1000	36	6	45	100
		5.0	22.6	8.2	17.02	5.32	1000	36	5	45	100
Sept.	3	0	23.2	8.2	17.01	6.03	1000	30	5	35	100
		5.0	21.4	8.3	17.89	6.03	700	20	5	35	100
	4	0	22.9	8.3	17.05	5.75	800	32	7	45	100
18.		7.7	20.0	8.2	18.35	5.75	600	20	5	45	100
	5	0	22.6	8.0	16.89	4.66	1400	36	14	47	140
		4.8	22.2	8.0	17.13	4.66	1400	36	14	47	160
	1	0	17.6	8.2	16.40	6.06	1600	32	7	75	80
1952		4.8	18.6	8.1	17.44	4.86	1100	32	7	75	70
	2	0	18.0	8.1	17.10	4.57	1600	20	7	55	80
		5·5	18.6	8.1	17.88	4.40	1000	20	7	50	80
Oct.	3	0	18.2	8.2	17.25	4.21	1000	20	6	50	80
		5.0	18.8	8.2	18.05	4.20	1000	20	7	45	50
	4	0	18.2	8.2	17.49	5.10	1000	20	7	45	50
14.		7.8	19.2	8.2	18.29	3.76	700	20	10	45	50
	5	0	18.4	8.1	16.70	4.18	1400	50	10	75	165
		1.5	18.4	8.1	17.15	4.00	1400	50	10	75	170
1952	1	0	13.1	8.2	17.36	×	1400	20	4	35	100
		4.0	13.0	8.2	17.63	5.81	1000	20	6	40	100
	2	0	13.4	8.3	17.58	—	1000	20	6	40	100
Nov.		5.0	13.6	8.3	×	5.87	1000	20	6	40	100
	3	0	13.8	8.3	17.83	—	1000	20	4	40	80
		6.5	14.4	8.3	18.12	5.68	700	20	6	40	80
11.	4	0	13.8	8.3	17.88	5.96	1000	20	4	40	80
		8.9	14.2	8.3	18.06	5.68	700	20	6	40	80

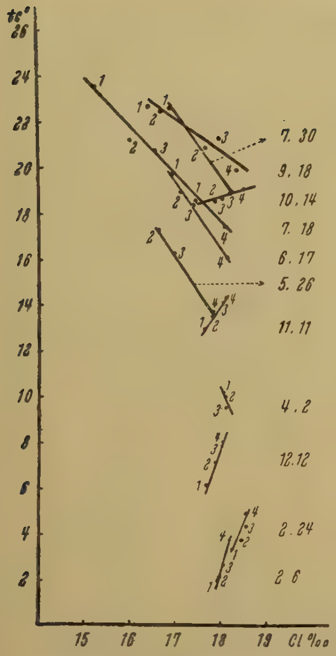
1952	1	0	4.7	8.3	17.38		700	20	5	15	100
		4.6	6.2	8.2	17.63		800	16	5	20	140
	2	0	6.5	8.3	17.74		800	16	5	15	140
		5.0	7.2	8.2	17.88		800	16	5	15	100
Dec.	3	0	7.5	8.3	18.01		700	14	5	15	100
		5.0	7.9	8.3	18.02		700	14	5	15	100
	4	0	7.8	8.3	17.98		700	12	5	13	50
		6.0	8.1	8.3	18.03		700	12	5	13	50
12.	5	0	5.9	8.3	17.40		700	25	10	35	60
		2.8	6.2	8.3	17.49		700	20	10	35	100
1953	1	0	1.9	8.3	17.88	7.60	400	—	—	15	70
		4.0	2.0	8.3	17.95	6.30	400	—	2	—	80
	2	0	2.2	8.3	17.97	6.40	200	—	—	—	60
Feb.		6.3	2.1	8.3	17.96	7.33	200	—	5	—	60
	3	0	2.8	8.4	18.03	7.43	200	—	2	—	50
		6.0	2.7	8.4	18.03	7.01	200	—	5	—	70
6.	4	0	3.4	8.4	18.11	6.24	200	—	—	—	50
		7.5	3.8	8.4	18.19	5.86	200	—	25	—	80
1953	1	0	3.4	8.3	18.17	7.60	tr	tr	tr	—	—
		4.0	3.4	8.3	18.24	6.51	300	tr	—	—	—
	2	0	3.8	8.3	18.32	7.31	100	tr	—	—	—
Feb.		7.3	3.8	8.3	18.46	7.05	100	2	—	—	—
	3	0	4.4	8.3	18.50	7.17	100	tr	—	—	—
		5.0	4.4	8.3	18.54	6.93	tr	3	—	—	—
24.	5	0	3.6	8.3	17.33	7.13	500	10	—	12	50
		2.0	3.6	8.3	18.21	7.60	100	3	5	12	50
1953	1	0	10.8	8.3	18.07	7.04	tr	—	5	5	tr
		4.0	10.2	8.3	18.09	6.98	tr	—	tr	20	tr
	2	0	10.4	8.3	18.03	5.33	tr	—	tr	5	tr
April.		5.8	10.1	8.2	18.11	3.66	tr	—	tr	5	tr
		0	10.1	8.3	18.09	5.43	tr	—	tr	5	tr
		5.0	9.6	8.2	18.11	3.80	tr	—	tr	5	tr
21.	5	0	11.4	8.3	17.69	7.99	tr	—	tr	5	tr
		2.5	10.8	8.3	17.89	8.09	tr	—	8	30	tr
1953	2	0	18.2	8.8	16.15	×	1200	2	—	—	80
		7.5	17.4	8.3	16.65	5.15	1000	2	—	—	200
	3	0	18.1	8.3	16.48	4.16	1000	tr	—	—	60
May.		7.5	16.4	8.3	17.00	4.39	700	tr	—	—	130
	4	0	17.8	8.3	16.73	5.38	1000	tr	—	—	40
		7.5	13.8	8.3	17.84	5.02	800	tr	—	—	50
26.	5	0	20.8	8.0	10.69	4.99	3000	2	5	75	100
		1.7	19.1	8.1	15.80	5.04	1200	5	2	tr	130

10月以降次第に水溫は低下し、St. 1とSt. 4の水溫差は約1°Cとなつた。水溫の最低値は2月に出現した。

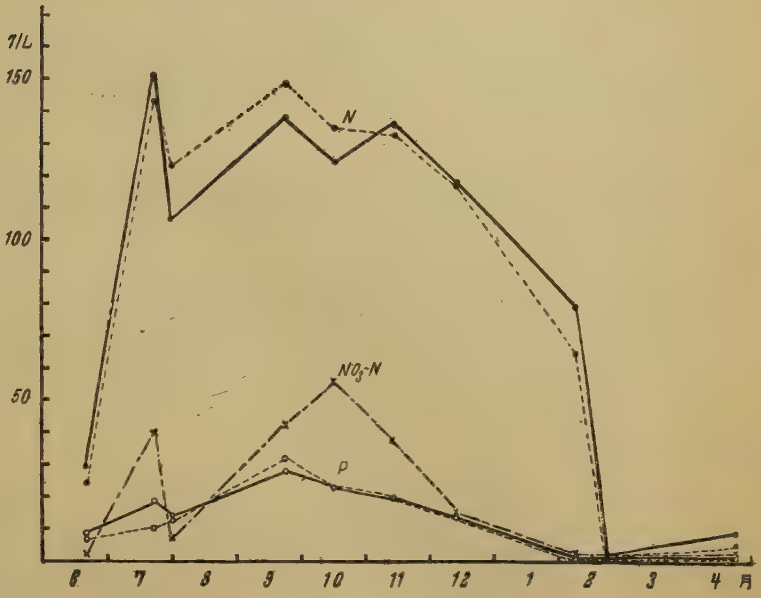
塩素量は5月～9月までは、St. 1～4の塩分差は大きく、7月中旬にはSt. 1とSt. 4の塩素量の差は3‰内外に達し、9月には1.5‰内外となり、10月以降次第に塩素量の差は少なくなつた。而して塩素量の最高値は2月下旬に見られた。尙T-Cl diagramから4月～9月の春夏型と10月以降の秋冬型の2つに區別することが出來る。春夏型では陸寄りの水溫が沖合の水溫よりも高く、秋冬型は反對で、沖合が高い。

(ii)　窒素塩及び燐酸塩の季節變化

可溶性榮養塩の季節變化は、金島水道の陸寄りから沖合へかけての4ヶ所の月平均値を求めた結果について考察すると第9圖のように、窒素塩（NO_3'–N+$NH_4^{\cdot}$–N+NO_2'–N）の分布量は､陸



第8圖　T～Cl diagram の季節變化



第9圖　榮養鹽の季節變化

N {●……Surface ●――Bottom　P {○……Surface ○――Bottom　NO_3-N ×……Surface

寄りと沖合の水溫及び塩素量の差の最も大きい 7 月中旬には、表層・下層共に 9 月と同様に最高値を示すが、11 月以降水溫が低下するにつれて減少を示し、2 月中旬以降には急激な減少を示している。

硝酸塩（NO_3'–N）は 7 月中旬には $NH_4^{\cdot}$–N と同様に急激な増加を示すが、7 月末頃には減少し燐酸塩の極大値よりも 1 月後れて 10 月に極大値が現われる。11 月以降急激に減少し、2 月上旬には殆ど皆無となる。

燐酸塩（P）は 9 月に極大値を示し、10 月以降次第に減少し、2 月上旬には皆無となる。

この結果から海苔の黄色に變化する時期は 1 月中旬以降で、海水中の榮養塩の急激に減少する時期に一致する。

（iii）　尿素及び硝安による海苔の色澤變化

1953 年 3 月松島灣内の養殖場で、氣仙沼灣と同様に硝安による施肥實験を行つた。

實験時の水溫は 7.8°C、NO_3'–N は 15γ/L、P 及び $NH_4^{\cdot}$–N は殆ど皆無であつたが、施肥の結果は第 9 表（C）に示したように氣仙沼灣と同様に、4 日目には黄色になつた海苔の水溶性色素は増加し、窒素含有量は 2.3% から 3.1% に増加した。

更に 1954 年 2 月上旬松島灣内の養殖海苔は殆ど黄色に變化したので、塩釜港内（St. 5）において尿素及び硝安を施肥して、海苔の色澤變化の比較試験を行つた。

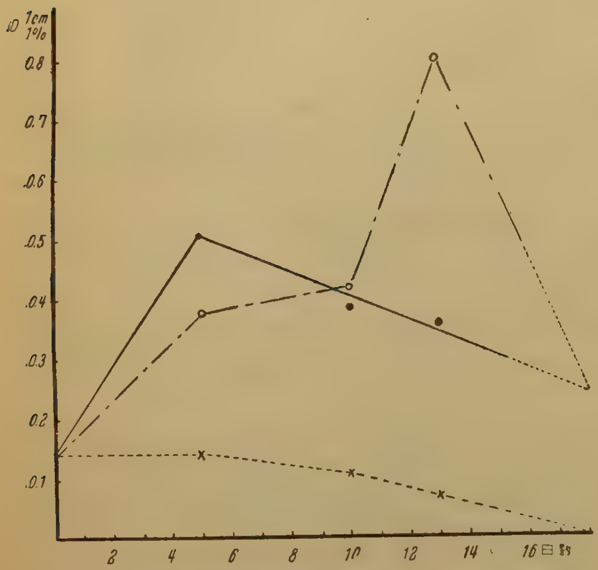
1594 年 2 月 6 日に黄變した海苔ヒビに於いて、相當間隔をおいて尿素と硝安を同時に施肥し、

(お互の影響がない程度に間を隔てて)、5日目・10日目・13日目・17日目の4回採取した海苔の水溶性色素（λ560mμ）の變化について測定した結果は第10圖に示す通りである。

實際の養殖場試驗においては、尿素は3〜5日目で黄色海苔は黑色に變化し、10日以降には再び水溶性色素は低下した。

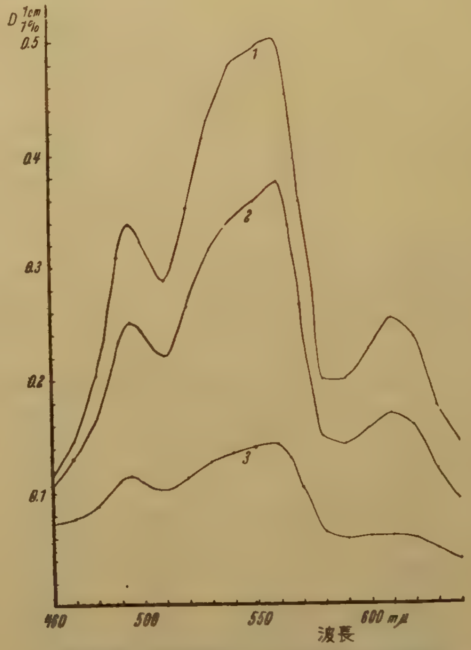
硝安を施肥したものは、除々に回復し13日頃に最も海苔の色澤は好くなつたが、15日以降には再び悪くなつた。

5日目に採取した海苔について、水溶性色素の吸收曲線を見ると第11圖のように、この場合では海苔の色調は尿素を施肥したものは硝安よりも良好である。



第10圖　海苔の吸光度と日數との關係

●——$(NH_2)_2CO$　○——NH_4NO_3　×……照對



第11圖　5日目における海苔の吸収曲線

1……$(NH_2)_2CO$　2……NH_4NO_3　3……對照

この結果から495・560・615mμの各波長の吸光度を比較して見ると第11表のようになる。

第11表

試料	A	B	C	A/B	C/B	C/A
	λ 495mμ	λ 560mμ	λ 615mμ			
$(NH_2)_2CO$ (1)	0.339	0.501	0.254	0.67	0.56	0.74
NH_4NO_3 (2)	0.255	0.375	0.169	0.68	0.45	0.66
對照 (3)	0.115	0.142	0.060	0.80	0.42	0.53

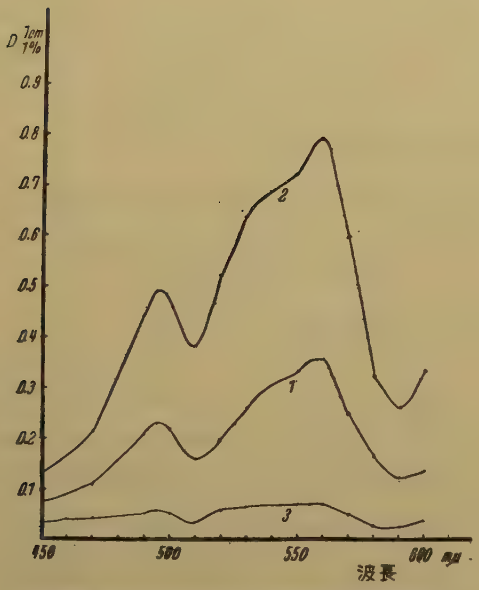
即ち海苔の色調が良好になるに從つて、C/BとC/Aの値は增加し、A/Bの値は減少し、各波長の吸光度の割合は一定でないようである。

次に13日目に採取した海苔について、水溶性色素の吸收曲線を見ると第12圖のように、5日目と反對に、硝安を施肥したものは尿素よりも海苔の色澤は良好になつている。

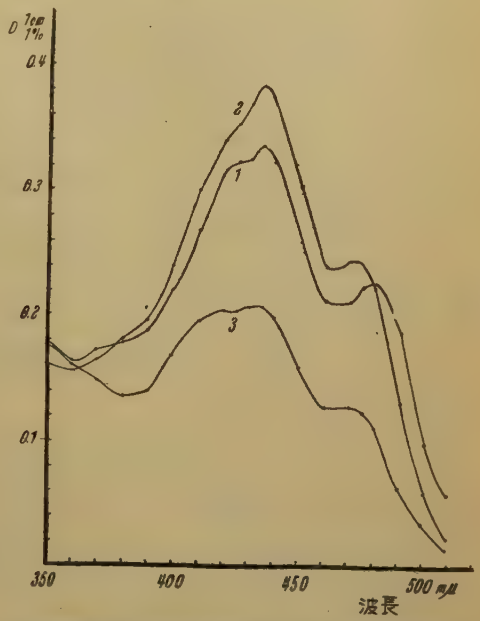
次にこの第12圖の（1）・（2）・（3）の海苔について、クロロフイル及びカロチノイド類の色素についても吸光度を測定した。

測定法は乾燥海苔を微粉末にした0.2gを、20ccのアセトンを加えて浸出し、その殘滓にエーテル20ccを加えて浸出した後兩液を混合し、蒸溜水を加えて色素をエーテル層に移し、エーテル層に移つた浸出液を眞空蒸發した後、20ccのアルコールを加えて色素を溶解し、それぞれの吸光度を350～500mμについて測定した。

その結果を見ると第13圖のように、最大吸收の波長は435mμに現われている。



第12圖　13日目における海苔の吸收曲線
1……$(NH_2)_2CO$　2……NH_4NO_3　3……對照



第13圖　13日目におけるクロロフイル及びカロチノイドの吸收曲線
1……$(NH_2)_2CO$　2……NH_4NO_3　3……對對

即ち施肥しなかつた海苔に比較して、硝安・尿素を施肥したものは、クロロフイル及びカロチノイド類の色素も增加している。

尙1953年9月24日に松島灣内に海苔ヒビを建込んで種付を行つたものは、3回收獲後の1954年2月16日にはすつかり黃變したので、2月19日にSt. 6の場所に移植し、水溫・榮養塩の關係について實驗を行つた。

黃變した場所（St. 7）と移植した場所（St. 6）の水溫・塩素量及び可溶性榮養塩は第12表の通りである。

移植後黃變した海苔は約20日から1ヶ月後には黑色に變化した。然し尿素を施肥した場合には

第 12 表

Station Nos.	w. t C°	Cl ‰	NO_3'–N γ/L	$NH_4^{\cdot}$–N γ/L	NO_2'–N γ/L	Pγ/L
St. 6	5.8	18.32	70	30	16	10
St. 7	7.2	18.70	10	20	5	10

黃變した海苔は3日目には黑變した。

(4) 萬石浦及び松川浦における實驗例

同様に1954年12月中旬に萬石浦・松川浦で施肥實驗を行つた。實驗時の水溫・塩素量及び可溶性榮養塩について測定した結果は第13表のようである。

第 13 表

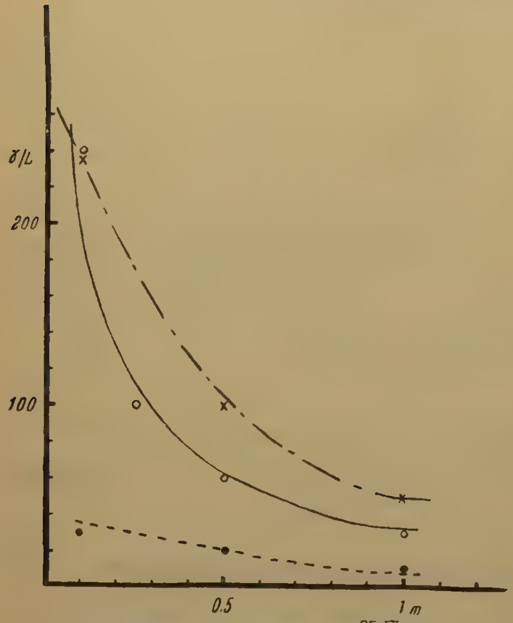
	date	w. t C°	Cl ‰	NO_3'–N γ/L	$NH_4^{\cdot}$–N γ/L	NO_2'–N γ/L	P γ/L
萬石浦	12.16	9.4	18.20	40	20	2	16
松川浦	12.18	10.6	18.25	5	20	—	8

即ち松川浦の海苔は黄變していたが、萬石浦の海苔は松川浦の海苔よりも色澤は良好であつた。

兩浦の養殖場に尿素•硝安•硫安の施肥を行つた結果は、尿素及び硝安を施肥したものは松島灣と同様に、5日目には海苔の色澤は良好になつた。硫安を施肥したものは、窒素含有量が少いためか、海水中に流出したものか、又潮流の影響によるものか、海苔の色澤變化は餘り變化がなかつた。

これらの結果から尿素は速効性であるが、効果の持續性は硝安よりも少ないことが推定される。從つて尿素を用いて海苔に施肥する場合には、この速効性を活かす有効な施肥方法を検討する必要がある。

(V) 榮養塩の擴散範圍



第14圖 可溶性榮養鹽の擴散範圍

×-·-NH_4-N ○——NO_3-N ●……P

窒素化合物を乾燥土に吸着させた固型肥料を施肥した場合に、可溶性榮養塩の海水中に擴散する範圍について、1953年3月中旬松島灣内の養殖場（St. 5）で、海水中の榮養塩が殆ど皆無になつた時、硝安を施肥して實驗を行つた。

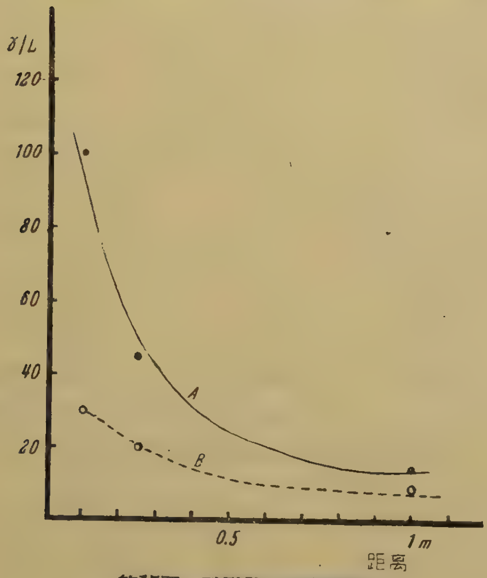
施肥後24時間後に NO_3'–N•NH_4.–N•P の擴散範圍について測定した結果は第14圖のように、中心から約1mの範圍に亘つて施肥した榮養分の明かな分布が見られる（第14表）。

第 14 表

中心からの距離 cm	$NH_4^{\cdot}$–N γ/L	NO_3'–N γ/L	P γ/L
0	240	240	25
25	—	100	—
50	100	60	20
100	45	25	5

而して肥効範圍も氣仙沼灣及び松島灣の實驗で、直徑 1 m の範圍の海苔の黑變が觀察されている。

尙施肥後 5 日目に、NO_3'–N の分布量について測定した結果（A）と、硝安の飽和溶液を吸着させて乾燥しないものを施肥し、直ちに NO_3'–N の分布量を測定した結果（B）とを比較すると、第 15 圖に示すように、乾燥しないものは施肥効果は見られなかつた。



第15圖　硝酸鹽の擴散範圍
A　乾燥した肥料で 5 日目
B　乾燥しない肥乾料で垂下直後

この結果から、乾燥しないものは早急に海水中に擴散し、海苔に必要な榮養塩濃度を一定期間維持できなかつたものと思われる。又尿素は $NH_4^{\cdot}$–N にならないと泥に吸着されないことから、7 日頃には既に海水中に流出してしまつたものと思われる。

硝安は $NH_4^{\cdot}$–N が半量含有されていることから、泥に吸着されていて除々に海水中に流出するものと想像される。

實際に養殖場に施肥する場合には肥効範圍が問題となり、又潮流の早い場所では不可能なことは當然である。

(VI) 室内培養實驗

養殖場の施肥實驗の結果、尿素は速効性であることから、タンク内施肥によつて海苔の品質改善が可能と思われたので、硝安を對照として培養實驗を行つた。

(1) 培養方法

實驗室内で 10 立入の硝子水槽を使用して、100V の電球を光源として培養を行つた。海水は松島灣内の養殖場から採水したものを使用した。培養液の水溫は 6～20°C の範圍で、水溫の調節は行わなかつた。培養液中の pH は、養殖場から採水した海水の pH は 8.3 であつたが、KH_2PO_4 を加えると海水の pH は低下し約 7.2 内外であつた。培養液の組成は次のようなものを用いた。

A　培養液（硝安）	B　培養液（尿素）
NH_4NO_3 ………0.8g	$(NH_2)_2CO$ ……0.6g
KH_2PO_4 ……0.2	KH_2PO_4 ………0.2
$MgSO_47H_2O$ …0.2	$MgSO_47H_2O$ …0.2
$Fecl_3(2\%)$……少量	$Fecl_3(2\%)$……少量
Sea Water　1000cc	Sea Water　1000cc

(2) 硝安による實驗例

1953 年 3 月 9 日松島灣内の養殖場の黃變した海苔ヒビ 20cm を切取り、A の培養液を用いて實驗を行つた。

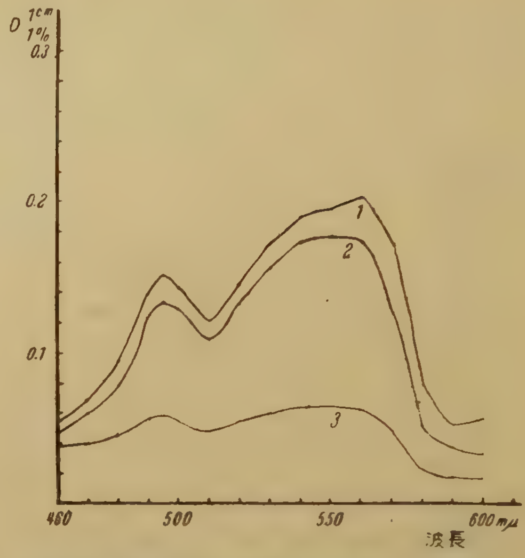
同時に黃變した養殖場の海苔に硝安の施肥實驗を行い、水溶性色素の比較を行つた。室内培養の場合は、養殖場の條件と同一にするために、1日 4 時間の日乾を行

つた。

この結果4日目に水溶性色素の吸光度を測定すると第16圖に示すように、室内培養を行つた海苔（1）及び養殖場に施肥した海苔（2）は、對照海苔に比較して水溶性色素は増加した。次に海苔の窒素含有量について見ると次のように

試　料	全窒素量（%）
1（培　養）	4.38
2（養殖場）	3.11
3（對　照）	2.25

窒素含有量は施肥しなかつた對照海苔に比較して、培養を行つた海苔は4%内外、養殖場に施肥した海苔は3%内外に増加した。海苔の色澤は、培養の場合も、養殖場に施肥した場合も、4日目には大體同様な變化が観察された。



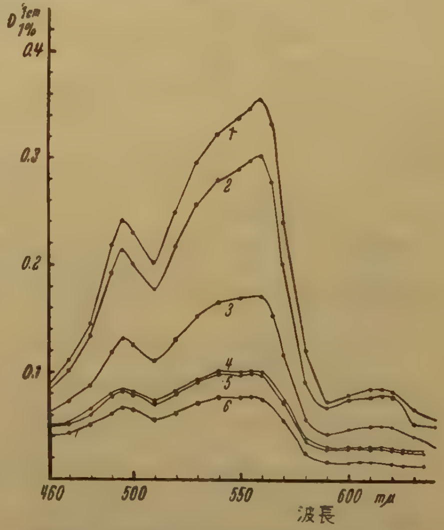
第16圖　室内培養及び養殖場に施肥した海苔の吸收曲線

1……室内培養　2……養殖場に施肥　3……對照

（3）　尿素による實驗例

1954年1月18日松島灣内の黄變した生海苔を採取し、尿素（B）の培養液10立中に約500 g の海苔を入れ、時々攪拌して培養を行つた。

水溶性色素が時間の經過するに從つて、どのように變化するかを見るために、6時間目・10時間目・17時間目・24時間目・30時間目・48時間目の海苔について水溶性色素の吸光度を測定した結果は第17圖のように、時間が經過するに從つて水溶性色素は増加し、24時間後には黒味を帶び、30時間後には黒色に變化するのが觀察された。又海苔の色調が好くなるに從つて、フイコシアンとフイコエリスリンの兩色素は増加している。



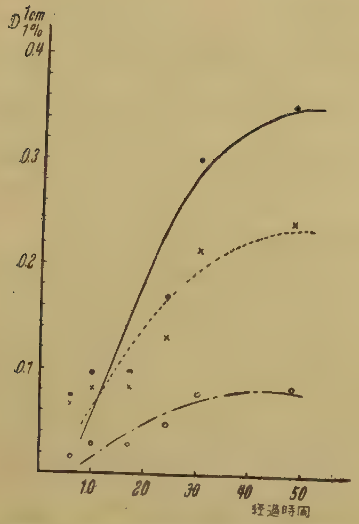
第17圖　尿素による培養海苔の吸收曲線

1——48時間　2——30時間　3——24時間
4——17 〃　5——10 〃　6——6 〃

この結果から各波長の吸光度と時間との關係を見ると第18圖のように、時間の經過と共に各波長の吸光度は増加する。

これらの最大吸收部の波長の吸光度の數値を表示すると第15表のようである。

即ち海苔の色調が回復するに從つて、C/B と C/A の値は一定でないが、A/B の値は色澤が回復するに從つて減少する傾向が見られる。

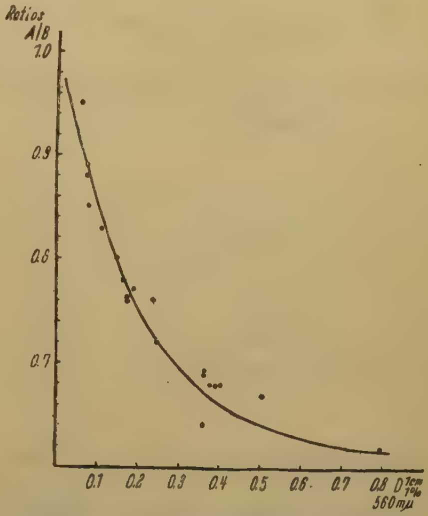


第18圖　海苔の吸光度と時間との關係
×……495mμ　●——560mμ
○---615mμ

第 15 表

時間	吸光度 A 495mμ	吸光度 B 560mμ	吸光度 C 615mμ	A/B	C/B	C/A
6	0.067	0.075	0.016	0.89	0.21	0.23
10	0.082	0.097	0.029	0.84	0.29	0.35
17	0.083	0.097	0.029	0.85	0.29	0.34
24	0.131	0.170	0.049	0.77	0.28	0.37
30	0.214	0.305	0.078	0.70	0.25	0.36
48	0.241	0.354	0.084	0.68	0.22	0.34

養殖場に施肥した海苔約20例についても同様にA/Bの値と波長560mμの吸光度の値との關係は第19圖のように海苔の色調が良好になるに從つて、A/Bの値は少なくなつている。



第19圖　A/Bの値とλ560mμの吸光度との關係

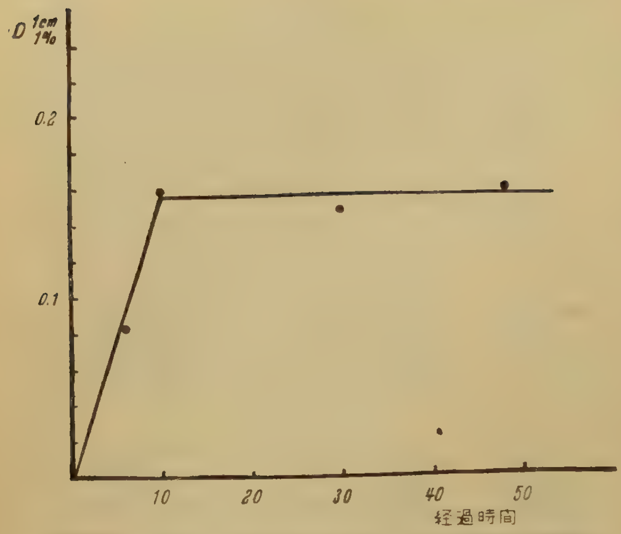
(4)　培養實驗に於ける種々の問題

上述の吸收部の波長495mμは綠青色部・波長560mμは黃綠色部で、その補色對は赤と紫色である。海苔の色澤の良好なるものは赤紫色が濃厚で、兩波長の比は大きく、海苔の色澤の悪いものは赤色が勝つて紫色は割合に少ないことから、兩波長の比は小さくなつたものと考える。

次に第15表の尿素で培養を行つた海苔についてクロロフイル及びカロチノイド類の色素について吸光度を測定した結果から、最大吸收部の波長435mμの吸光度と時間との關係について見ると第20圖のように、クロロフイル及びカロチノイドの色素量は、10時間後においてはその增加がとまつてしまう。この曲線は、同化曲線と類似の傾向を示すが、同化作用との關係については明らかでない。

尙黃變した海苔を同一條件のもとで、硝安(A)と尿素(B)を用いて數回培養し、海苔の色澤變化を觀察した結果を見ても、尿素を用いたものは、硝安よりも黑味を帶び、海苔の色澤は良好であつた。

又硝安(A)及び尿素(B)を夫々別々に海水に溶解した液を、黃變した海苔に1日1回一定量撒布し、4時間日乾した後、養殖場から採水した海水中に入れて培養を行つたものは、3回撒布後には黑色に變化するのが觀察された。この場合にも海苔の色澤は尿素によるものは黑味を帶び、硝



第20圖　クロロフイル及びカロチノイドの吸光度と時間との關係

安のものよりも良好であつた。

然しながら尿素の培養液（B）を用いて、日乾しないで黄變した海苔を培養すると、約60時間後には黒色に變化した海苔は枯死し、葉體は白色に變化した。

この原因を明かにする爲に、100Vの電球を照射して培養を行うと、時間が經過するに從つて水溫は上昇し、pHも7.2～9.0位まで上昇した。その他光の强さもあまりに强いと考えられたので、次に硝安及び尿素の培養液を用い、黄變した海苔を水溫7～14°C, pH7.4～8.6で、FL～20W 白色螢光灯を光源として4日間培養を行つたものは、葉體は枯死しなかつたが、海苔の色澤は黒色に變化しなかつた。

次に尿素（B）の培養液を用いて、GR～1510型紫外線ランプを約50cmの距離から照射すると同時に、100Vの電球を照射して實驗を行つた。この結果は、19時間後に表面の海苔は枯死し、白色に變化するのが觀察されたが、光の直射を受けない下層の海苔は稍黒色に變化し、枯死しなかつた。

即ち尿素を用い日乾しないで培養を行つたものは、時間が經過するに從つて水溶性色素は增加するが、60時間以後には枯死し、葉體は白色に變化した。クロロフイル及びカロチノイドの色素は10時間以後には殆ど增加の傾向は見られなかつた。

これらの原因については、水溫・pH及び光等の影響によるものと思われるが、今後の研究に俟ちたい。

摘　　要

海苔の施肥及び培養實驗を行つた結果から、水溶性色素の變化について觀察した。

（1）　海苔の水溶性色素が增加するに從つて窒素含量は增加した。

（2）　海苔の色調は窒素含有量が3％以下になると黄變する傾向が見られた。

（3）　尿素は速効性であるが、効果の永續性は硝安よりも少かつた。

（4）　黄變した海苔を尿素を用いて培養すると30時間以後には黒色に變化した。

（5）　水溶性色素の波長495/560mμの吸光度の割合は海苔の色調が回復するに從つて少くなつた。

終りに御指導と御校閲を賜わつた當研究所谷田專治博士・谷井潔技官・吸收スペクトルの測定をいただいた農林省輸出品検査所塩釜分室蛯子・今井技官又御助力をいただいた梅本技官に對して深甚なる謝意を表す。

参　考　文　献

1）宮下　孝雄（1952）：實用色彩學　p, 11–p, 50
2）大谷　武夫・富士川　潔（1935）：海藻の化學　p, 185–197
3）R. Lemberg（1928）：Liebigs Ann., 461
4）吉村　壽人（1939）：pH の理論と測定法　p, 305
5）大槻　虎男：養分の攝取及び同化物質の利用　岩波講座　生物學
6）柴田　桂太：炭素及び窒素の同化作用　岩波講座　生物學
7）高木　光造（1953）：Phycochromoproteid に關する研究　第1報「ウップルイノリ」よりPhycoerythrin, Phycocyan の單離精製及び吸收スペクトル　北海道大學水産學部研究彙報　Vol. 3, No. 4
8）山川　健重（1953）：海藻の化學的研究—1.　各種アサクサノリの成分　日本水産學會誌　Vol. 18, No. 10
9）東洋高壓工業株式會社（1953）：尿素質疑集
10）東洋高壓營業部農事課（1953）：尿素肥料による海苔の養殖
11）坂村　　徹（1948）：植物生理學
12）富士川　潔（1932）：朝鮮總督府水產試驗場報告

乾燥・海水塩分・光線がアマノリ類の糸状体（*Conchocelis* 期）に及ぼす影響※

黒木 宗尚・平野 和夫

INFLUENCES OF DESICCATION, SALINITY OF THE WATER AND ILLUMINATION ON THE *CONCHOCELIS*-THALLUS OF *PORPHYRA*

By

Munenao KUROGI and Kazuo HIRANO

The *Conchocelis*-thalli of *Porphyra* grow in deep or in sheltered shallow water, generally being not found in the littoral region. Jónsson (1902), Boergesen (1902), Printz (1926) and Rosenvinge (1931) have reported that *C. rosea* is a sublittoral organism.

From this fact, the present writers made experiments on the influences of desiccation, diverse salinity of the water and intensity of illumination on the *Conchocelis*-thalli. In the experiments, the *Conchocelis*-thalli of *P. yezoensis* Ueda *prox.* cultured in the laboratory were used. In the culture, glass vessels 11 cm in height and 15 cm in diameter, filtered natural sea water containing KNO_3–0. 1 g and Na_2HPO_4–0. 02 g per litre, and as the substratum oyster shells, in the inner surface of which *Conchocelis*-thalli growed, were used. Each oyster shell had a number of *Conchocelis*-thalli. The experiments were made at Shiogama in Matsushima Bay.

DESICCATION

The influence of desiccation on the *Conchocelis*-thalli was examined during their exposure out of the water together with their substrata (oyster shells) for certain hours indoors. They were also examined outdoors under direct sunlight or in a moist room. The culture of the *Conchocelis*-thalli used as materials commenced on May 3, 1953. The experiments were made on May 6 and 27. The thalli of May 6 (3 days old) were the youngest being 10–20μ in length, unbranched and not visible to the naked eye. The thalli of May 27 (24 days old) were closely much branched and visible to the naked eye as a small spot, and their filaments were 800～1, 200μ long from the centre of the thallus. After the treatment, the thalli were cultured again.

In the three days old thalli, when they were exposed for 10 minutes indoors, the surface of the oyster shell dried up and the great majority of them died. By exposure for more than 30 minutes all of them died.

In the 24 days old thalli, the surface of the oyster shell dried up during 10–15

※東北海區水產研究所業績 第57號

minutes of indoor exposure and during 7–10 minutes of outdoor exposure under direct sunlight. When the thalli were exposed indoors for 15 minutes, a part of the thallus (the part nearest to the surface of the substratum) died but the other part survived, and the thalli again regenerated later. By exposure for more than 30 minutes, the dead part of the thallus became larger, and dead individuals were found. By exposure for more than five hours almost all of the individiuals died. When the thalli were exposed outdoors for 15 minutes, the great majority of them died and the others partly survived and regenerated later. By exposure for more than one hour, all of the thalli died.

By exposure in a moist room, the surface of the oyster shell did not dry up during 2 days, and the three days old as well as 24 days old thalli showed normal growth.

As above mentioned, the *Conchocelis*-thalli are weak against desiccation. Younger thalli are more weaker against it than the older ones. This seems to be due to older ones being closely much branched and therefore slow in drying up. When a part of the thallus survived, regeneration from the survived part began. By outdoor exposure under direct sunlight they are weaker than by indoor exposure. They seem to suffer from direct sunlight additionally.

SALINITY OF THE WATER

The influence of diverse salinity of the water on the *Conchocelis*-thalli was examined, when they were cultured in fresh water, low or high salinity water for a certain duration. In the experiment, fresh water (Cl–0.2~0.3‰, pH–7.0), natural sea water (Cl–16~17‰, pH–8.3) and 1/4, 1/2, 3/4 and 5/4 salinity water of natural sea water were prepared. The experiments were made from June 4, 1953 with two days old thalli, and from July 10 with 38 and 68 days old thalli respectively. The two days old thalli were 16–28μ in length, unbranched and not visible to the naked eye. The 38 days old thalli showed a patch 2–3mm in diametre and the 68 days old thalli formed a patch about 5mm in diametre. The thalli were confluent with one another and the surface of the substratum coloured dark violet or pink violet. After the treatments, the thalli were cultured again in the natural sea water.

The two days old thalli, during immersion in fresh water, discontinued to grow. By immersion for less than 13 days they did not die and again grew thereafter. When they were immersed for three weeks, the thalli died. During the immersion in 1/4 and 1/2 salinity water the thalli showed slow growth. They did not die by immersion for three weeks. By immersion for less than three weeks in 3/4 and 5/4 salinity water, the growth of the thalli did not appear to be different.

As the 38 days old thalli and 68 days old ones anastomosed one another, the degree of their growth or other details during the treatment could not be fully traced.

By immersion in fresh water for three to five days their colour somewhat faded, and by immersion for 10 days they became more faded and partly became colourless. When they were immersed for 21 and 33 days, they were mostly colourless. Thus the majority of the thalli or larger part of the thallus died. By immersion for 55 days they were perfectly colourless, but a few of them regenerated later. By immersion of 1/4, 1/2, 3/4 and 5/4 salinity water respectively it was difficult to trace their changes.

From the above experiments, it is clear that the *Conchocelis*-thalli suffer from fresh water or low salinity water. Nevertheless they endure the immersion for a considerable period.

ILLUMINATION

The influence of various intensities of illumination on the growth or maturation of the *Conchocelis*-thalli was examined. Four cultures were prepared; one was a normal culture in the laboratory, another was covered with one sheet of black semi-transparent "vinyl" cloth, a third was covered with the two sheets and the fourth was covered with the three sheets. The intensity of illumination in the normal culture was about 25～200 lux in daily maximum during the experiment. This was about equal to 1/50～1/120 of the outdoor illumination. The intensity of illumination in the one sheet culture was about 1/2 of that of the normal culture, in the two sheet culture it was about 1/4 and in the three sheet culture it was about 1/8. All cultures of the *Conchocelis*-thalli commenced on June 2, 1953. The covering of the cloth was observed from June 4 to November 5.

Among the four cultures there were seen differences in growth, branching and maturity. The normal culure showed the most rapid growth and the most dense branching. The one sheet, the two sheet and the three sheet cultures showed slower growth and less branching in the order just mentioned. The degree of the growth in the four cultures in the early stage is shown in Table 1. In the normal culture the *Conchocelis*-thalli showed a round patch which was coloured dark violet, in the one sheet and the two sheet cultures they formed a rather star shaped patch with several branch clusters and of light colour, but the patches of the two sheet culture were smaller and lighter in colour than those of the one sheet culture. In the three sheet culture they were not visible to the naked eye until the end of the culture. Although their filaments attained 1～2mm in length, the branching was very scanty. These differences appear to be due to the density of branching among the four cultures. Much lengthened filaments in the two sheet and the three sheet cultures were not as straight as those in the normal and one sheet cultures.

As to the maturity of the *Conchocelis*-thalli, in the normal and one sheet cultures a small number of monosporangial branches were seen on August 25 and in the two

sheet culture they were observed on September 17. In the three cultures liberation of monospores was observed in the experiment of October 8 to 13. The liberated monospores were most abundant in the normal culture and few in the two sheet culture. In the three sheet culture the formation of monosporangial branches and the liberation of monospores were not found.

DIRECT SUNLIGHT

The influence of direct sunlight on *Conchocelis*-thalli was examined, when they were exposed outdoors in the culture vessel for certain hours. The experiments were made on July 1 to 2 in 1953 with 39 days old thalli which showed dark violet patches 2~3 mm in diametre. The weather was fine on July 1, and cloudy with frequent sunshine on July 2. Five cultures were prepared; one was without a covering, another was covered with one sheet of white semi-transparent "vinyl" cloth, a third was covered with one sheet of black semi-transparent "vinyl" cloth, a fourth was covered with the two sheets and the other was covered with the three sheets. The intensity of illumination in the second culture is about 4/5 of that of the first nude culture. The intensities of the other cultures covered with black semi-transparent "vinyl" cloth decreased at the same rate as that of the culture without a covering as described in "ILLUMINATION" experiment. In the all cultures one shell had its surface with *Conchocelis*-thalli upwards and the other was directed downwards. The temperature of their culture solution was kept at 20~23° C by running water. After the treatment, the thalli were cultured again in the laboratory to ascertain the result.

In the culture without a covering the dark violet patches of *Conchocelis*-thalli became reddish in 1~1.5 hours, light pink in three hours and perfectly colourless in four hours. The thalli exposed for three hours became also colourless in the laboratory before long. The thalli exposed for three, six hours and two days appeared to die respectively. On September 2 (63 days after the treatment) a very few individuals of the *Conchocelis*-thalli regenerated, appearing as a small spot. In the shell directed downwards the patches of *Conchocelis*-thalli became somewhat reddish in three hours. All of the thalli directed downwards, which were treated for three, six hours and two days, suffered no more.

In the culture covered with one sheet of white semi-transparent "vinyl" cloth, the results were the same as in the culture without a covering, although the suffering occured somewhat later.

In the culture covered with one sheet of black semi-transparent "vinyl" cloth, the patches of *Conchoclis*-thalli became gradually reddish and in six hours turned to pink. In two days the great majority of them became colourless. All the thalli exposed for three, six hours and two days were colourless in the laboratory before long, and they appeared to die. On July 15 (13 days after the treatment) a few of

them survived and on September 2 they growed thickly. In the shell directed downwards no changes were seen.

In the culture covered with two or three sheets of the same cloth the patches became somewhat reddish in four hours, but they suffered no more. In the shell directed downwards they showed no change.

As mentioned above, the *Conchocelis*-thalli cultured in the laboratory suffered intensely from direct sunlight in a short time. According to the subsequent experiments it is clear that, when the *Conchocelis*-thalli cultured in the laboratory were removed gradually under more intense light, they showed a considerable endurance. The details of the results will be published at another opportunity.

ま　え　が　き

アマノリ類（*Porphyra*）の生活史に關して、Drew（1949）がチシマクロノリ（*Porphyra umbilicalis*（L.）J. Ag.）に於て糸狀体（*Conchocelis*）期の存在を報告し、筆者の1人黑木（1953）はアサクサノリ（*P. tenera* Kjellm.），マルバアマノリ（*P. suborbiculata* Kjellm.），チシマクロノリ（?）（*P. umbilicalis*（L.）J. Ag. *prox.*）に於て、同様に *Conchocelis* 期の存在を認め、更に之等の *Conchocelis* 体から單胞子が放出され、之が發芽して *Porphyra* 体になることを確めた。その後同様なことが各地で報告されるに至つたが、筆者等は引續き *Conchocelis* 体の諸性質について調査・實驗を行つて來たので、その一部を報告する。

Conchocelis 体は松島灣及びその附近では澪等の深い所、又淺い所では蔭になつている様な所に多く見られ、潮間帶には一般に見られない様である。外國では、*Porphyra* と *Conchocelis* との關係が未だ明らかにされていなかつた時であるが、Jónsson（1902），Boergesen（1902），Printz（1926），Rosenvinge（1931）等が *Conchocelis rosea* Batters は亞潮間帶の生物で 40 m 或はもつと深い所まで生育していると報告している。以上のことから *Conchocelis* 体の生育と乾燥・光線の強弱による影響との關係を想像し、又所謂ノリの胞子付場には淡水の流入によつて塩分濃度の低下することも屡々見られる様であるので、*Conchocelis* 体の生育と乾燥・光線の強弱及び塩分濃度との關係についての實驗を行つた。

實驗に用いた材料はすべて室内培養のスサビノリ？（*P. yezoensis* Ueda *prox.*[1]）の *Conchocelis* 体で、カキ殼を substratum としたものである。*Conchocelis* 体培養にあたつて、果胞子はすべてカキ殼の内面即ち眞珠層の面に附着させ、この面を上にして培養を行つた。培養液は松島灣口の海水を濾過し、この海水 1 L に對し KNO_3–0.1 g，Na_2HPO_4–0.02 g を加えたものを用いた。培養器は高さ 11 cm，直徑 15 cm の圓筒型のガラス製容器を使用した。

筆者は此所で本報告の校閲をいただいた北海道大學教授山田幸男先生及び實驗に對して激勵をいただいた當研究所谷田專治博士に御禮を申し上げる。

[1] 本種は須藤（1950，日水誌，Vol. 15, No. 11）のアサクサノリの型2にもよく似ている．

乾　　燥

Conchocelis 体を substratum のカキ殼と共に培養器から出して、室內，直射光線のあたる屋外及び濕室に一定時間干出させ、再び培養器にもどして培養を續け、*Conchocelis* 体が乾燥によつて受ける影響を調べた。實驗に使用した *Conchocelis* 体は 1953 年 5 月 3 日果胞子付したもので、胞子付 3 日後の極く若いものと、24 日後の可成り生長したものである。干出は *Conchocelis* 体の附着面を上にして行つた。濕室としてはシャーレを使用し、中に水を含んだ脫脂綿をおき、カキ殼と水とは直接接しない樣にした。substratum のカキ殼は徑 2~3 cm，厚さ 1~3 mm で、之に附着している *Conchocelis* 体は極めて多數（1 例を示すと 5 mm 平方に 40 個前後）であつた。

實　驗　1.

5 月 6 日、胞子付 3 日後の若い *Conchocelis* 体を用いて實驗を行つた。この *Conchocelis* 体は發芽して間もなく、關節は早いもので 2 つまで、長さ約 10~20 μ で、未だ側枝の形成なく、肉眼では認めることの出來ない顯微鏡的なものであつた。干出時間は室內のもので 10 分間・30分間・1 時間及び 2 時間とし、濕室のものでは更に 3 時間・5 時間及び 24 時間を加えた。屋外干出は當日曇天のため行わなかつた。室溫は 14~18°C であつた。

結　果

觀察は處理直後・1 日後及び 10 日後に行つた。對照の生育狀態は 1 日後に filament の長さ 30~40 μ，10 日後に 200~420 μ であつた。

(1)　室 內 干 出

Conchocelis 体の附着しているカキ殼の面は約 10 分で乾燥した。

(a)　十分間干出のもの

干出後培養器にもどしてから 1 日後に filament の生長は見られず枯死したものと思われたが、10 日後には極少數のものが生存しているのを認めた（觀察個体 97 中に生存 3，枯死94）。生存している *Conchocelis* 体の filament は長さ 150~320 μ で、對照より生長は劣つていた。

(b)　30 分間・1 時間及び 2 時間干出のもの

1 日後・10 日後の觀察に於いても *Conchocelis* 体はすべて枯死し、生存個体は見付からなかつた。

(2)　濕 室 干 出

どの干出時間のものに於いても、カキ殼の面は乾燥せず、*Conchocelis*体は對照と同樣に生長し枯死体は認められなかつた。

實　驗　2.

5月27日、胞子付24日後の *Conchocelis* 体を用いて實驗を行つた。この *Conchocelis* 体は密に分枝し、filamentは体の中央部からの長さ 800～1,200 μ で、肉眼でも微小點として認められた。干出時間は15分間・30分間・1時間・3時間・5時間・8時間・24時間及び48時間とした。但し屋外干出は8時間までとし、8時間干出では6時間後に室內に移した。當日の天候は晴、時々うす曇で、屋外干出場所の溫度は干出開始後の9時45分−32°C, 10時−29.5°C, 10時30分−30.5°C, 11時30分−29.3°C, 14時30分−33.5°C, 17時30分−25°Cであつた。室內干出を行つた室溫は16.5～22°Cであつた。

結　　果

觀察は處理直後・2日後・9日後及び33日後に行つた。對照は33日後には直徑約3mmの暗紫色の斑を形成するに至つた。

(1)　屋 外 干 出

Conchocelis 体の附着したカキ殼の面は7～8分で殆ど乾燥し、10分後には完全に乾燥した。

(a)　15分間干出のもの

處理直後に *Conchocelis* 体はいくらか綠色を帶び、培養器に移してから1日位の間にすつかり脫色して枯死狀態を示した。2日後・9日後に於いても生存個体見付からず、33日後にも大部分のものは枯死していたが、少數のもので体の一部に生き殘つた部分があつたらしく、この部分から再生が行われて、徑1mm以下の微小點を再び形成するものがあつた。

(b)　30分間干出のもの

處理直後・2日後・9日後の觀察結果は15分間干出のものと同じ。33日後にも殆ど全部の *Conchocelis* 体は枯死して居り、稀に体の一部が生き殘り之から再生して微小點を示すに至つたものがあつた。

(c)　1時間・2時間・3時間・5時間及び8時間干出のもの

處理直後 *Conchocelis* 体の斑點は紫色がぬけて桃色或はうす綠色を帶び、培養器にもどしてからは次第に色あせて、1日位の間にすつかり脫色、枯死狀態を示した。2日後・9日後・33日後に於ても再生する個体も認められず、すべて枯死してしまつた。

(2)　室 內 干 出

Conchocelis 体の附着したカキ殼の面は10分位で殆ど乾燥し、15分後には完全に乾燥した。各時間干出の *Conchocelis* 体は皆處理直後に綠色を帶びていた。

(a)　15分間干出のもの

處理2日後に *Conchocelis* 体の斑點は緣邊部脫色し、中心部だけがかすかに桃紫色を示した。9日後には次第に元氣を回復して生長し、33日後には殆ど對照と變りなく、約3mmの徑を有する斑を示すに至り、完全に枯死した個体は見られなかつた。

(b) 30分間及び1時間干出のもの

處理2日後・9日後共に *Conchocelis* 体の斑點は脱色してカキ殼の表面は白くなり、肉眼では認めることが出來なかつた。一方顯微鏡觀察では9日後にカキ殼の表面近くの filament は枯死していたが、內方のものは生き殘り、この部分から再生が見られ、完全に枯死したと思われる個體は見付からなかつた。33日後には對照より生長は遅れるが、徑2〜3 mm 位の斑を示す様になつた。30分間干出のものと1時間干出のものとの間には殆ど差異は認められなかつた。

(c) 2時間干出のもの

(b)と同様に2日後・9日後に *Conchocelis* 体の斑は脱色して、カキ殼の表面は白くなつたが、9日後の觀察では大部分の *Conchocelis* 体に生き殘つた部分があり、この部分から再生を始めているのが見られた(体の枯死せる部分は(b)より大であつた)。33日後には再び1〜2 mm の徑をもつた斑を示す様になつた。又全く枯死したと思われる個体も少數見られた。

(d) 3時間干出のもの

(b)・(c)と同様に2日後・9日後に *Conchocelis* 体の斑は脱色し、9日後にも再生の認められるものはカキ殼の割目の乾燥の遅れた所に存するものだけで、大部分は枯死狀態を示した。33日後には殼の割目以外の所にも少數の微小點を示すに至つたものが出て來たが、他は再生は認められず枯死していた。

(e) 5時間干出のもの

(b)・(c)・(d)と同様に2日後・9日後に *Conchocelis* 体の斑は脱色し、再生する個体は9日後にも見付からなかつた。33日後にもカキ殼の割目に微小點として再生している2個体を僅かに見付けただけで、他はすべて枯死していた。

(f) 8時間・24時間及び48時間干出のもの

2日後に脱色したまま枯死し、再生を示したものは33日後にも見付からなかつた。

(3) 濕室干出

各時間干出のもの皆カキ殼の表面は乾燥せず、*Conchocelis* 体は對照と同様に生長した。

以上2つの實驗結果を要約すると、發芽後間もない極く若い *Conchocelis* 体では10分間の蔭干で大部分の個体が枯死し、30分以上では生存個体は全く見られなかつた。

より生長して密に分枝し、肉眼で認められる小斑點を形成するに至つた *Conchocelis* 体は、15分間の蔭干で体の一部分(貝殼の表面に近い部分)は枯死するが、他の大部分は生存し、この部分から再び生長を始めた。30分間・1時間・2時間・3時間と被害は次第に大きくなり、体の枯死する部分も又完全に枯死する個体も多くなり、又体の生存部分からの再生も次第に遅れた。5時間以上の蔭干では殆どすべての個体が枯死した。日乾では15分間で大部分の個体が枯死し、少數のものだけが生き殘つた。1時間以上ではすべての個体が完全に枯死した。濕室に於ては24時間・48

時間の干出に於いてもカキ殻の表面は乾燥せず、干出による影響は若いものに於ても、より生長したものに於ても認められなかつた。

以上の様に *Conchocelis* 体は乾燥に對して抵抗力が極めて弱い。若い体は、より生長したものより短時間の干出で完全に枯死するが、後者では完全に枯死するには前者より長い時間を要する。之は生長したものでは filament が密で、体全体の乾燥に要する時間が長くなるためと思われる。乾燥が不十分で生き残る部分があると、その部分から再生を始める。日干が蔭干より短時間で枯死するが、之は直射光線の影響も大であつたためと思われる（光線の項参照）。この時の溫度との關係については明かでない。上述の實驗は夫々1回だけの干出處理であるが、之が何回か續けられれば被害は更に大となるであろう。

塩　分　濃　度

Conchocelis 体を淡水及び種々の塩分濃度の海水で一定期間培養し、その生育に及ぼす影響を調べた。實驗に用いた材料は1953年6月2日に果胞子付したもので、胞子付後2日の極く若いものと、胞子付後38日の可成り生長したもの及び1953年5月3日果胞子付して68日經過したものである。substratum のカキ殻の大さは何れも徑 2～3 cm，厚さ 1～3 mm で、之に附着している *Conchocelis* 体は極めて多數（5 mm 平方に 20～100 個位）であつた。處理液としての淡水は井戸水（Cl －0.2～0.3‰，pH －7.0）を用い、各種の濃度の海水は、淡水3：海水1，1：1，1：3 に混合したもの，海水を蒸發させて前容積の 4/5 にしたものを用いた。今天然海水（Cl－16～17‰，pH－8.3）の濃度を1とし淡水の濃度を0とすれば、他の處理液の濃度は夫々 1/4，1/2，3/4 及び 5/4 となる。各處理液には夫々普通の培養液と同様に KNO_3－0.1 g/L，Na_2HPO_4－0.02 g/L を加えた。一定期間處理した後は處理前と同様な培養液に移して、その後の生育狀態を觀察した。

實　驗　1.

6月4日、胞子付2日後の *Conchocelis* 体を用いて實驗を始めた。この *Conchocelis* 体は發芽・穿孔後間もなくの幼体で、太い發芽管を侵入させているもの、又この部分から前方に第2の關節を形成しているものがあり、長さは 16～28 μ 位で未だ側枝の形成はなく、肉眼では勿論認められなかつた。各塩分濃度海水による處理時間は夫々1時間・3時間・8時間・1日・2日・3日・5日・13日及び21日とした。

結　果

觀察は6月9日・17日・25日に行つた。對照即ち濃度1のものの生育狀態は、体の中央部からの filament の長さが、6月9日に約 120～190 μ，6月17日に約 400～650 μ，6月25日には約1 mm となり、肉眼でも斑點として認められる様になつた。

(1) 淡 水 處 理

(a) 1時間・3時間・8時間及び1日處理のもの

何れも處理終了直後の觀察は行わなかつたが、6月9日・13日・21日には何れも對照と差のない生育を示していた。

(b) 2日間處理のもの

處理直後の觀察は行わなかつたが、6月9日の觀察に於いては對照より遲れた生長を示し、filament の長さは約65～100 μ であつた。6月17日及び25日には filament の長さは對照と殆ど變りなくなつたが、その分枝狀態はなお劣つていた。

(c) 3日間處理のもの

之も處理直後の觀察は行わなかつたが、*Conchocelis* 体の生長は對照及び (b) よりも遲れ、filament の長さは6月9日に約40～65 μ, 6月17日に380～500 μ であつた。6月25日には大分追いついたが、なお對照・2日間處理のものよりその繁茂狀態は劣つていた。

(d) 5日間處理のもの

處理終了直後の6月9日、*Conchocelis* 体は處理前と同樣な大さで、生長は殆ど見られなかつた。普通の培養液に移して後、6月17日には再び生長を始めて filament の長さが250 μ 位までになつているのを認めた。6月25日には更に生長をしていたが、その繁茂狀態は對照・(b)・(c) より劣つていた。

(e) 13日間處理のもの

處理終了直後の6月17日には (d) と同樣に体は處理前と同じ大さで、生長は殆ど認められなかつた。普通の培養液に移してからは再び生長を始め、6月25日には filament の長さ170～180 μ 位までになつた。

(f) 21日間處理のもの

處理期間中に生長の殆ど認められないことは (d)・(e) と同樣であつた。之を普通の培養液に移して更に11日間（7月6日まで）培養して見たが、再生長も行われず、枯死してしまつた。

(2) 1/4 濃度海水處理

(a) 1時間・3時間・8時間・1日・2日・3日處理のもの

處理終了直後の觀察は行わなかつた。6月9日・17日・25日の觀察に於いては對照との生育の差は殆ど認められなかつた。

(b) 5日間處理のもの

處理終了直後の6月9日の觀察では、*Conchocelis* 体は對照より遲いが生長を行い、filamentの長さ65～100 μ 位までになつた。以後6月17日には filament の長さ250 μ 位までになり、分枝も疎であつたが、6月25日には殆ど對照と變りなくなつた。

(c) 13日間處理のもの

處理終了直後の6月17日の觀察では、除々ではあるが、filament の長さ130～150 μ に生長していた。

(d) 21日間處理のもの

處理期間中には（b）•（c）と同樣に對照より遲れて除々に生長を行い、處理終了直後の6月25日には filament の長さ 500～600 μ 位になつていた。

（3） 1/2 濃度海水處理

（a） 1時間•3時間•8時間•1日•2日•3日處理のもの

處理終了直後の觀察は行わなかつた。6月9日•17日•25日の觀察に於ては對照との生育の差は殆ど認められなかつた。

（b） 5日間處理のもの

處理終了直後の6月9日に *Conchocelis* 体の filament の長さは約 65～100 μ で生長おそく 1/4 濃度海水5日間處理のものと殆ど同樣であつた。以後6月17日•25日には對照と殆ど變りなくなつた。

（c） 13日間處理のもの

處理終了直後の6月17日に filament の長さは 370 μ 位までで、1/4 濃度海水13日間處理のものよりは生長が大であつたが對照よりは遲れていた。

（d） 21日間處理のもの

處理終了後の6月25日に filament の長さは 600～850 μ 位で、對照より生長遲れ、又分枝も疎であつたが、1/4 濃度海水よりは生長が早かつた。

（4） 3/4 及び 5/4 濃度海水處理

對照と生育の差を認めることが出來なかつた。

實 驗 2.

7月10日に胞子付後68日經過した *Conchocelis* 体（A）と38日經過したもの（B）とを用いて實驗を始めた。A は肉眼で斑の直徑 5 mm 位に達し、B は 2～3 mm であつた。共に附着させた果胞子は多數で各個体互に重り合い、カキ殼の表面は一樣に暗紫色乃至桃紫色を呈していた。單胞子囊枝の形成は未だ見られなかつた。各塩分濃度海水による處理期間は3日•5日•10日•21日•31日及び50日とした。

結　果

觀察は各處理終了直後即ち7月13日•15日•20日•31日，8月12日•29日に行い、更に處理終了後、普通の培養液に戻してからの生育狀態の觀察を7月31日，9月1日及び10月13日に行つた。處理後の觀察は各個体重り合い、その伸長度等の詳しいことを追究することが出來なかつたので、大體の *Conchocelis* 体の繁茂の狀態、斑の色の變化、又處理後普通の培養液に移してからの成熟の狀態について觀察した。對照は9月1日には單胞子囊枝を形成し始め、10月13日には多數の單胞子囊枝を形成していた。

（1） 淡 水 處 理

(a) 3日間・5日間處理のもの

處理終了直後A・B共に *Conchocelis* 体の斑は褪色して綠がかつた灰紫色又は橙色を帶び生育狀態の不良を示した。5日間處理のものは3日間のものより變色部多く又より褪色していた。以後普通の培養液に戾してからは次第に色も回復して對照と變りなくなり、10月13日には多數の單胞子囊枝を形成するに至つた。

(b) 10日間處理のもの

A・B共に處理終了直後(a)よりも色悪く、いくらか紫がかつたうすい灰綠色となり、又部分的に脫色して、カキ殼の表面の白くなつた部分が見られた。處理を終つて以後は次第に元氣を回復し、7月31日にはなお *Conchocelis* 体の斑の色は褪せた色をしていたが､終には對照と變りなく、10月13日には多數の單胞子囊枝を形成するに至つた。

(c) 21日間處理のもの

A・B共に處理直後 *Conchocelis* 体の斑は大部分脫色して、カキ殼の表面は白くなり、極小部分のみに褪せた色が殘るだけになつた。處理を終つて以後は再生を始め、次第に色づいて來たが、10月13日になお淡綠紫色を呈していた。しかし單胞子囊枝の形成は對照と殆ど變りなかつた。

(d) 33日間處理のもの

處理直後の樣子は大體(c)の場合と同樣であつたが、斑の色の殘つている部分はより少かつた。處理を終つて以後は(c)と同樣な經過をたどつた。

(e) 50日間處理のもの

處理直後にはA・B共に *Conchocelis* 体の斑は完全に脫色し、カキ殼の表面はすつかり白くなつてしまつた。しかして再び普通の培養液に戾してからは完全には枯死していなかつたと見えて、filament の再生が部分的に見られ、10月13日には之に若い單胞子囊枝が形成され始めていた。

(2) 1/4, 1/2, 3/4, 5/4 濃度海水處理

何れの日數處理のものに於ても、對照との生育の差異を識別することが出來なかつた。

以上2つの實驗結果を要約すると、發芽後間もない若い *Conchocelis* 体は淡水處理ではその處理期間中生長は止るが、13日間は生存し、普通の培養液に移すと再び生長を始めた。21日間處理したものでは枯死した。1/4濃度海水處理ではその處理中にも除々ではあるが生長し、21日間處理したものでも枯死しなかつた。1/2濃度海水處理でも､1/4濃度海水の場合よりは早いが生長が遲れた。枯死することはなかつた。3/4及び5/4濃度海水處理では對照との生育の差異を認めることは困難であつた。

果胞子付後38日・68日經過し密に分枝して2〜5 mmの斑を示す樣になつた *Conchocelis* 体に於ては、實驗に用いた材料が各体個重り合つたもので生長の有無・遲速について知ることが出來

ず、結果の詳細を明にすることが出來なかつた。しかし淡水處理では斑の褪色・脫色等によつて *Conchocelis* 体は明らかに害をうけることを知つたが、50日間處理のものでもすべて完全に枯死するに至らず、部分的に生き殘るものがあつて、この部分からの再生を認めることが出來た。1/4以上の濃度海水では上記の如く詳細を追究することが出來なかつたのであるが、肉眼的な所見また成熟に關しては對照と特別な差異を認めることが出來なかつた。

以上の結果から *Conchocelis* 体は淡水又は塩分濃度の低い海水によつてその生育に阻害を受けるけれども、また之等に對してかなり強い抵抗力をも有することを知ることが出來る。より生長しているものが若いものよりその抵抗力が強い様に思われるが、之は生長したものでは filament が極めて密であり、又貝殼のより內層に侵入しているために、淡水或は種々の濃度海水による作用がおくれるためとも考えられる。

明 る さ

Conchocelis 体を明るさを加減して培養し、その生長・成熟等について調べた。實驗に用いた材料は**鹽分濃度實驗1**と同じく1953年6月2日に果胞子付したもので、胞子付2日後の6月4日から實驗を始めた。substratum のカキ殼の大さは長徑4～6×短徑2～4×厚さ0.1～0.3cmで、之に附着している *Conchocelis* 体は極めて多数であつた。何も被せない室內培養の對照の外に、黑い半透明の“ビニール”布を培養器に被せて明るさを加減した3通りの培養を用意した。1つは同上の布1枚を、2は2枚を、3は3枚を被せたものである。各培養の明るさの大体について述べると、對照の日中の最高照度は25～200 lux で、“ビニール”布1枚被せたものでは對照の半分、2枚のものでは1枚のものの半分、3枚のものでは2枚のものの更に半分の明るさを示した。なお屋外の明るさは對照の50～120倍の明さであつた。

實 驗 結 果

觀察は6月9日（實驗開始5日後）・15日（11日後）・22日（18日後）・29日（25日後），7月4日（30日後）・7日（33日後），8月25日（82日後），9月17日（105日後），10月8日（126日後.）・13日（131日後）及び11月5日（154日後）に行つた。

Table 1. Comparison of the growth of the *Conchocelis*-thalli in length among the diverse cultures controlling light (showing the length of the main filament).

covering with black semi-transparent "vinyl" cloth	date			
	June 9 (after 5 days)	15 (after 11 days)	22 (after 18 days)	29 (after 25 days)
none	37.2-148.8μ (74.4-124μ)	186-540μ (248-372μ)	560-1,295μ (705-1,050μ)	1,000-2,500μ
one sheet	24.8-117.4 (49.6-124)	24.8-240 (74.4-148.8)	385-1,050 (525-840)	980-1,960 (1,215-1,470)
two sheet	12.4-49.6 (24.8-37.2)	24.8-111.6 (37.2-86.8)	62-198.4 (86.8-148.8)	74.4-235 (111.6-192.2)
three sheet	12.4-49.6	24.8-62	37.2-124	37.2-111.6

初期に於ける各培養の *Conchocelis* 体の生長の度合を各培養から50個体をとり、体の中央部からの filament の最大の長さを測定して比較して見ると Table 1 に示す通りである。体の伸長は對照最もよく“ビニール”布1枚・2枚・3枚と暗いもの程悪い。分枝も明るいもの程密で、暗いもの程疎である。又 *Conchocelis* 体の斑は明るい培養程早く肉眼で認められる様になつた。

以後各個体は次第に重なり合つて filament の長さ，体の構成する斑の大さは追究することが出來なかつたが、同様な傾向を以て生長した。即ち對照は8月25日・9月17日・10月8日には filament が密に繁茂し、カキ殻の表面は一様に暗紫色を呈していた。

“ビニール”布1枚覆のものは8月25日に filament がカキ殻の表面に一様にはびこつていたが、對照に比べて疎で、うすくカキ殻の表面を色づかせ体の中心部だけが分枝密で、濃い點として認められた。9月17日，10月8日に於ても filament の繁茂狀態は對照の様に密にならなかつた。

“ビニール”布2枚覆のものは8月25日にカキ殻の表面は殆ど白いままで、体の中心部の分枝の比較的密な所だけが微小點として認められた。なお filament は1～2 mm 位まで伸長していたがこの長さに比べ分枝は極めて少かつた。9月17日，10月8日にはカキ殻の表面が極めてうすく色付く位までには filament の伸長・分枝もすすんだ。

“ビニール”布3枚覆のものは8月25日にも肉眼で *Conchocelis* 体を認めることが出來ず、カキ殻の表面は白いままであつた。filament の長さは125～300 μ 位で分枝も少く、ほんの2，3本の枝を有するにすぎなかつた。9月17日には filament の長さ1 mm を超えるもの、10月8日には2 mm 位のものも認められたが、分枝は極端に少く、數本の枝を存するに過ぎず、終に肉眼で *Conchocelis* 体を認め得るまでには至らなかつた。

Conchocelis 体が形成する斑は明るい對照に於ては圓い斑として現われるが、“ビニール”布1枚覆のものでは數本の枝叢を放射狀に出してむしろ星狀の形を示す。2枚覆のものでは更に中央部がよりせまくなつて現われてくる。之等の形は体の分枝の疎密に關係している。又對照及び1枚覆のものでは長くぬき出た filament は眞直に伸びているが、2枚・3枚覆のものでは屈曲することが多い。分枝に關しては上記の如く明るいもの程密であるが、暗い所のものでは filament の伸長の度合に比べて分枝は極めて少い。

次に各培養の *Conchocelis* 体の成熟について見ると、對照及び“ビニール”布1枚覆のものでは8月25日に單胞子嚢枝が少數形成され始めたのを認め、9月17日には多數の單胞子嚢枝の形成が認められた。10月8日から13日までの調査では、對照では多量の、1枚覆のものでも可成り多くの單胞子の放出を認めた。“ビニール”布2枚覆のものでは8月25日には單胞子嚢枝の形成は見付からず、9月17日に少數が形成され始めているのを認めた。10月8日にも單胞子嚢枝の形成はあまり多くなく、10月8日から13日にかけての調査で單胞子の放出を認めたが、放出量は少數であつた。“ビニール”布3枚覆のものでは11月5日になつても單胞子嚢枝の形成を見ることが出來なかつた。

以上の實驗の他に、次の様にして明るさを加減して *Conchocelis* 体の生育狀態を觀察した。材料はスサビノリ？（*P. yezoensis* Ueda *prox.*）の *Conchocelis* 体で、1953年5月3日カキ殼に果胞子付したものである。

（イ）果胞子をカキ殼の平滑な眞珠層の內面に附着させて、2-3日後に殼を裏返し、果胞子の附着面を下向にして、培養器を黑ぬりの机の上において培養した。

（ロ）果胞子をカキ殼の凹凸のある外面に附着させて、之をそのまま黑ぬりの机の上に置いて培養した（之は *Conchocelis* 体が下向になつているカキ殼の平滑な內面に如何に繁茂していくかについて觀察した）。

各カキ殼の下面がうける明るさは大体前述の"ビニール"布1枚覆のものより暗く、2枚覆のものと同じか、いくらか明るかつた。

結果は（ロ）に於ては、カキ殼の外面にも *Conchocelis* 体は繁茂したが、下向の內面にも繁茂した。又（イ）に於ても上向の外面にも繁茂して來た。（イ）（ロ）共に下面に於けるその繁茂狀態は疎で、對照の如き判然とした斑は形成せず、カキ殼の表面をうす黑く色づかせた。成熟に關しては、對照では8月14日に少數の單胞子囊枝の形成を認め、9月2日には（イ）•（ロ）共に下向の內面でその形成を認めることが出來た。10月28日の調査では共に多量の單胞子を放出しているのを認めた。

以上の實驗によつて *Conchocelis* 体は明るさによつて生長度•分枝の程度又成熟に差のあることを知ることが出來るが、又可成り暗い所に於ても生育し、成熟するものであることをも知ることが出來る。又この實驗によつて *Conchocelis* 体が生育し得る海の深さを或る程度推測し得るものと思う。

直　射　光　線

Conchocelis 体を培養器に入れたまま屋外に出し、(1) 何も覆をしないでそのままにし、(2) 白い半透明の"ビニール"布1枚、(3) 黑い半透明の"ビニール"布1枚、(4) 同じく2枚、(5) 同じく3枚を被せて、各培養の直射光線下に於ける影響を調べた。各培養共に substratum のカキ殼は *Conchocelis* 体の附着面を1は上にし他は下向にした。實驗は1953年7月1日•2日に行つた。處理時間は夫々7月1日10時から3時間•6時間、更に引續いて翌2日10時から6時間とした。7月1日の天候は晴で時々うす曇、2日は曇で時々うす日がさした。培養水の溫度は培養器を水槽につけ水を流して室內培養のものと大略同樣の20～23°Cに保つた。實驗に用いた材料は1953年5月23日果胞子付したもので、胞子付後39日經過し、*Conchocelis* 体の斑は2～3mmの徑を有し濃紫色を呈していた。カキ殼の大さは長徑4～6×短徑3～4×厚さ0.1～0.3cmで、1つのカキ殼に20～30個の *Conchocelis* 体を附着させていた。白い半透明の"ビニール"布1枚を被せたときの明るさは自然光の約4/5になり、黑い半透明の"ビニール"布は**明るさ**の實驗の際

用いたものと同じく、明るさの減退の割合は既述したものと同様である。

實 驗 結 果

観察は處理中・直後及び處理後再び實驗室内に移してからの7月15日，9月2日に行つた。

(1) 覆のないもの

(a) 上向のもの

1~1.5時間で *Conchocelis* 体の斑の色は赤味を帯び、3時間後には鮮桃色を呈し、以後急速に色が脱けて4時間後には完全に脱色され、ためにカキ殼の表面は一様に白くなつた。處理後室内での培養を續けたが、7月15日（處理後15日）の觀察に於ても、3時間・6時間及び2日に亘る處理のものはすべてカキ殼の表面は白く、*Conchocelis* 体は皆枯死したものと思われた。しかし9月2日（處理後63日）には極少數の個体に生き殘つた部分があつたらしく、微小點として再生して來たものがあつた。

(b) 下向のもの

3時間後 *Conchocelis* 体の斑は少し赤味を呈し、6時間後及び2日に亘る處理に於ても紫桃色を呈したのみで、それ以上の變化は見られなかつた。7月15日，9月12日の觀察では何れも室内培養の對照と同様な生育狀態を示した。

(2) 白"ビニール"布1枚覆

(a) 上向のもの

覆のないものより幾らか遅れて *Conchocelis* 体の斑は赤味を帯び桃色となり、次第にこの色をあせて6時間後には大部分が脱色し、僅かに淡桃色を呈するものが殘つたのみである。2日に亘る處理ではすべて脱色し、カキ殼の表面は完全に白くなつた。處理後室内の培養をつづけてからの經過は、7月15日，9月2日の觀察共に（1）の（a）と略同様であつた。

(b) 下向のもの

覆のないものより少し遅れて *Conchocelis* 体の斑は赤味を帯びたが、何れの時間の處理もそれ以上の變化なく、7月15日，9月2日には室内培養の對照と同様な生育狀態を示した。

(3) 黑"ビニール"1枚覆

(a) 上向のもの

Conchocelis 体の斑は覆のないもの，白"ビニール"1枚のものより遅れたが、同様に赤味を帯びて來て、6時間後には淡桃色となつた。2日に亘る處理後には大部分は色がなくなり、少數の個体で体の中心部に色の殘るものがあつた。なお3時間・6時間處理のものも1日後には2日に亘る處理のものと同様に、体の斑の色は次第に脱けて行つた。以後7月15日の觀察では、各時間處理とも大部分の個体の斑は脱色して居り、少數が淡桃紫色を呈していた。その後生き殘つた個体又部分から再生が行われ、9月2日には殆ど室内培養の對照と同様に filamentはカキ

殻一面にはびこつた。

(b)　下向のもの

各時間處理共、*Conchocelis* 体斑の色は殆ど變らず、室内培養の對照と同様に生育した。

(4)　黒"ビニール"2枚及び3枚覆

(a)　上向のもの

2枚・3枚覆のもの共に4時間後に幾らか赤味を帶びて來たが、以後變りなく室内培養の對照と同様に生育をつづけた。

(b)　下向のもの

全く變化を示さなかつた。

以上の實驗は光線の弱い室内培養のものを屋外に出して直射光線に曝した結果であるが、直射光線によつて致命的な障害をうけることを知ることが出來る。なおこの實驗に先立ち筆者は室内培養の數種のアマノリの *Conchocelis* 体を海に移して水面下1尺位の所に培養し（浮動式の竹筏に *Conchocelis* 体の附着面を上にして貝殻を吊した）、短時日の間に殆ど枯死狀態に陷らせ、之を光線による影響と想像した。しかしその後の實驗結果によると、始めから或は次第に強い光線に曝す時は、或る程度の強さの光線下でも生育させることが出來た。之については別の機會に報告する豫定である。

以上の各實驗の結果は海での調査と同様に、*Conchocelis* 体は亞潮間帶の生物で、可成りの深さまでも生育し得るものであることを示している。*Porphyra* 体が潮間帶の上部に生育する生物であるのに對して、*Porphyra* の1時期である *Conchocelis* 体が亞潮間帶の生物であるのは興味深いことである。

引　用　文　献

Boergesen, F. (1902) : The marine algae of the Faeröes. Botany of the Faeröes, II. Copenhagen

Drew, K. M. (1949) : *Conchocelis*-phase in the life history of *Porphyra umbilicalis* (L) Kütz. Nature, Vol. 164, No. 4174

Jónsson, H. (1902) : The marine algae of Iceland, I. Rhodophyceae, Bot. Tidsskr. Vol. 24.

黒木　宗尚 (Kurogi, M.) (1953) : アマノリ類の生活史の研究　第1報　果胞子の發芽と生長 (Study of the life-history of *Porphyra*. I. The germination and development of carpospores). 東北海區水產研究所報告 (Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab), No. 2

Printz, H. (1926) : Die Algenvegetation des Trondhjemfjorden. Skrift. Norsk. Vidensk. Akad. Oslo, Mat. Nat. Kl. No. 5

Rosenvinge, L. K. (1931) : The marine alge of Denmark, contributions to their natural history, Part IV; Rhodophyceae IV. Dansk. Vidensk. Selsk. Skrift 7, Nat. Mat. Afd. VII, 4. Copenhagen

アサクサノリの糸状体の單胞子放出について※
(2) 放出の日週期

黒木 宗尙・平野 和夫

ON THE LIBERATION OF MONOSPORES FROM THE FILAMENTOUS THALLUS (*CONCHOCELIS*-STAGE) OF *PORPHYRA TENERA* KJELLM.
(2) THE DAILY PERIODICITY OF THE LIBERATION

By

Munenao KUROGI and Kazuo HIRANO

Kurogi (1953), one of the present writers, reported on the period of the liberation of monospores from *Conchocelis*-thalli of *Porphyra tenera* Kjellm. under the same title. In this paper the writers examined the daily periodicity of the liberation.

Experiment 1

As the material, *Conchocelis*-thalli of *P. tenera* (*long type*), which had been cultured in the oyster shell in the laboratory from December 9, 1952, were used. The thalli in two shells (No. 1 and No. 2) were examined. The shells had a number of *Conchocelis*-thalli and were coloured dark violet by the thalli. The examination was carried out on October 26 to 29, 1953, when the liberation of monospores was active. The shells were hung in a glass vessel (9.5 cm high and 4.8 cm diam.) on the bottom of which a glass plate (3.8× 2.7 cm) was placed, and the number of monospores liberated on it was counted. The results are shown in Table 1.

The liberation became active after sunrise, and the majority of the monospores was discharged in the morning. The number of monospores liberated during 7 to 13 o'clock was more than 90 percent of the total number of monospores liberated during a day. During the afternoon the number decreased and in the night it became very few.

Experiment 2

Supposing a close relation between the light and the liberation of monospores from the above experiment, the daily periodicity was examined after having kept the *Conchocelis*-thalli in a dark room from 9 to 13 o'clock. As the material two kinds of *Concocelis*-thalli of *P. tenera* (*long type*) cultured in oyster shells in the laboratory were used. One of the two (No. 3) had been cultured from December 9, 1952, the

※東北海區水產研究所業績 第58號

other (No. 4) from March 7, 1953. The examination was carried out on November 9 to 11, 1953 by the same method as in *Experiment 1*. The results are shown in Table 2.

On the first day the number of liberated monospores was not counted in detail. On the second day it showed the same periodicity as in *Experiment 1*. On the third day it exceedingly increased after 13 o'clock when the *Conchocelis*-thalli were removed to a light room.

曩に黑木（1953）は室內培養のアサクサノリの糸狀体（*Conchocelis* 体）を用いて、その單胞子の放出量・放出期を報告した。その後筆者等は單胞子の放出は1日の中でどの様な變化をするか即ち放出の日變化について調べたので報告する。

實　驗 1.

Table 1. Daily change in the number of liberated monospores (showing the total number in 50 fields of the microscope with 10×10 magnification every time).

time		material							
		No. 1				No. 2			
		date				date			
		Oct. 26-27	27-28	28-29	29	Oct. 26-27	27-28	28-29	29
5-7		—	462	123	220	—	887	241	116
7-9		—	6,060	(6,704)	2,711	—	(17,856)	(15,056)	2,838
9-11		—	1,993	4,436	2,811	—	(13,072)	(13,280)	6,557
11-13		—	1,187	1,060	1,228	—	(6,240)	(3,554)	1,413
13-15		213	213	598	—	730	1,440	1,569	—
15-17		142	30	145	—	331	676	466	—
17-19		31	60	74	—	473	339	170	—
19-21	19-24	27	—	—	—	229	—	—	—
21-23	19-24	29	19	30	—	155	128	43	—
23-1	19-24	25	—	—	—	145	—	—	—
1-3	0-5	6	6	22	—	76	49	25	—
3-5	0-5	4	—	—	—	62	—	—	—

Note: numerals within (　) indicate the calculated number from that obtained by the microscope with 10×40 magnification.

實驗に用いた材料は室內培養のナガバ型のアサクサノリの *Conchocelis* 体で、1952年12月9日、果胞子付したカキ殼2つのものによつて實驗した。このカキ殼の大さは1つ（No. 1）は長徑5×短徑4.5×厚さ0.2〜0.3 cm で、他（No. 2）は長徑5.5×短徑4×厚さ0.1〜0.3 cm であつた。共に附着させた果胞子は多數で、*Conchocelis* 体は密に繁茂し、カキ殼の面はために一様に暗紫色を呈していた。

實驗は單胞子放出の盛期であつた1953年10月26日13時から29日13時まで3日間、2時間每の放出量を調べ（但し27日19時から28日5時までと、28日19時から29日5時までの夜間は5時間每とした）、1日の各時刻の放出量を比較した。

放出量測定の方法は管瓶（直徑4.8 cm, 高サ9.5 cm）の底にガラス板（3.8×2.7 cm）をおき

上から上記のカキ殻を一定時間吊し、1日後にガラス板上に沈下した單胞子を數えた。測定はガラス板上に 10×10 及び 10×40 の倍率の顯微鏡で夫々 50 視野をとつて行つた（10×10 で 1 視野の直徑は 1.00 mm，10×40 で 0.25 mm)。實驗期間中の日出・日沒は次の通りである。

Time of sunrise and sunset during the experiment

date	sunrise	sunset
1953. 10. 26	5. 56	16. 45
27	5. 57	16. 44
28	5. 58	16. 43
29	5. 59	16. 42

結果は Table 1 に示される樣に、果胞子の放出は夜明と共に盛になり、午前中に1日の放出量の大半を放出し、以後減少して夜間の放出は極めて少くなる。今27日5時から28日5時までの1日の總放出量と各時間の放出量を比較して見ると、7～9時には總放出量の 40～60%，9～11時には 18～38%，11～13時には 9～20% を放出し、7～13時の間に 90% 以上を放出していることになる。

實 驗 2.

實驗1の結果から單胞子の放出が日出即ち明るくなることによつて刺激されることを想像し、1953年11月9日から11日まで 9～13時の間、*Conchocelis* 体を暗所において放出量の變化を調べた。用いた材料は室内培養のナガバ型のアサクサノリの *Conchocelis* 体で、1952年12月9日及び1953年3月7日果胞子付したカキ殻2つを使用した。前者（No. 3）のカキ殻は長徑 5×短徑 3×厚サ 0.1～0.2 cm で、後者（No. 4）は長徑 6×短徑 3.5×厚サ 0.4～1 cm であつた。方法は實驗1と同樣である。實驗期間中の日出・日沒は次の通りである。

Time of sunrise and sunset during the experiment

date	sunrise	sunset
1953. 11. 9	6. 10	16. 30
10	6. 11	16. 29
11	6. 12	16. 28

結果は Table 2 に見られる通りである。1日目は各時間の測定は行わなかつたが、2日目は前記の實驗と同樣な傾向の放出を示した。3日目には處理後、即ち暗所から明所に出した 13～15 時の間に單胞子放出の急增が見られた。

Table 2. Daily change in the number of liberated monospores, when the *Conchocelis*-thalli were kept in a dark room from 9 to 13 o'clock (showing the total number in 50 fields of the microscope with 10×10 magnification every time).

time	material			
	No. 3		No. 4	
	date		date	
	Nov. 10–11	11	Nov. 10–11	11
5–7	—	23	—	62
7–9	—	508	—	693
9–11	2,003	1,203	5,228	4,335
11–13	542	922	1,886	2,320
13–15	205	2,590	1,113	9,155
15–17	80	—	723	—
17– 5	206	—	697	—

最後に本報告の校閲をいただいた北海道大學教授山田幸男先生及び實驗に對して御激勵をいただいた當研究所谷田專治博士にお禮を申し上げる。

追　記

この報告の印刷に先立ち、單胞子放出の日週期に關して實驗1と同様な實驗結果を山崎[1]，須藤・丸山・梅林[2]が報告したので附記する。

引　用　文　献

黑木　宗尙（M. Kuragi）（1953）：アサクサノリの糸狀体の單胞子放出に就いて（On the liberation of monospores from the filamentous thallus (*Conchocelis*-stage) of *Porpyra tenera* kjellm.）東北海區水產研究所報告（Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.），No. 2，p. 104.

1）山崎　浩（1954）：アサクサノリ（*Porphyra tenera* kjellm.）糸狀体の生態 II 特に糸狀体より放出された胞子について（日水誌，Vol. 20，No. 6）

2）須藤　俊造・丸山　武男・梅林　脩（1954）：アサクサノリの "*Conchocelis*-phase" からの胞子放出について（日水誌，Vol. 20，No. 6）

乾ノリに關する研究※
第1報 ノリの赤外線乾燥處理についての考察

梅本 滋

STUDIES ON "HOSHI-NORI" (DRIED FOOD, MADE FROM LAVER, *PORPHYRA TENERA*, KJELLM)
I. SOME DISCUSSIONS ON THE DEHYDRATING PROCESS WITH RADIATION OF INFRA RED RAYS

By

Shigeru UMEMOTO

Dehydrating process of raw laver is most important manufacture of "Nori"-making. Among the many disadvantages by the sun drying process, that is generally adopted in Japan, the serious affect is caused by the bad weather conditions.

From the results of this study, it seems to be possible to make "Hoshi-nori" by the application of the radiation of infra red rays. However, many considerations on the effective use of infra red rays are indispensable. The water adsorbed on the laver surfaces and accompanying adsorbed water on the mat of fine bamboo or reed splints (chopped up lavers are thinly spread to facilitate drying) should be removed previously by some mechanical treatment, and the use of infra red rays should be applied mainly to remove the water contained in the laver tissues.

Although "Hoshi-nori" usually contains a high amount of vitamin C, a little loss of it was observed by infra red rays radiation. The loss was caused by the effects of (1) heating by the infra red rays, and (2) infra red rays radiation proper, except above heating.

乾ノリ製造工程の乾燥處理に於て、從來廣く行われている日乾處理は、廣い乾燥場を必要とすることや、天候に支配されやすいこと等の不便がある。例えば天候が惡化してくるときには、採取した生ノリの保存を餘儀なくされ、その結果歩留りは低下するといわれており、製品は「草トマリ」と呼ばれて低品位のものとされるばかりでなく、生ノリの計畫的な採取が困難になる。乾燥が當日だけで完了せずに翌日まで持越すときには、その製品は俗に「簀トマリ」と呼ばれて甚しい品質の低下をもたらす一方、乾燥のための勞力の增大は無視することはできず、更に簀・木枠等の乾燥用資材の充分な活用は非常に妨げられる。東北地方では、上記のような「トメノリ」となる場合は可成り多いように見受けられる。ノリの天日乾燥處理の環境條件に惠まれない地方

※東北海區水產研究所業績 第59號

にあつては、その乾燥處理の改良策が考えられてよいであろう。

近年赤外線を利用する乾燥法の乾ノリ製造えの應用の報告が見られる[1)~5)]。又小規模ながらこれを試みた業者もあつた。ノリはその色調が黑味をおびていること、厚さが薄いことなど、赤外線による乾燥に適していると考えられる。著者はノリの乾燥處理の改良と、更に人工乾燥法についての基礎資料を得る目的で、ノリが乾しあがるために除去されなければならない水の內容を主として調べ、その結果ノリの乾燥は簀について多くの考慮しなければならない點があることを知つた。又ノリの乾燥のために赤外線を照射して乾ノリをつくることはできるが、赤外線を有効に利用するためには、その照射前におけるノリの水切りの操作についての考慮が必要であるとの結論を得た。

實　　驗

實驗 1.　ノリの乾燥に伴つて除去される水の量

赤外線によつてノリを乾燥する場合の豫備知識として、ノリ1枚が乾しあがるまでにどれだけの水を除去しなければならぬのかを知る目的で、次のような實驗を行つた。ノリを「投げつけ法」によつて簀上に抄き*、1〜2時間水切りをし、水が滴下しなくなつてから日乾した。この際、日乾の前後に於ける重量（ノリ＋簀の重量）を測り、その減少重量を乾燥に伴い除去された水分量とした。毎回 5〜10 枚の試料について測定を行い、その平均値を求めた。得られた結果は第1表に

第1表　ノリの乾燥に伴つて除去される水の量（ノリ1枚當り）

ノリ＋簀の重量		乾燥によつて除去された水	ノリ重量		ノリ水分含量		所要乾燥時間	乾燥日時及天候
乾燥前 (A) g	乾燥後 (B) g	(A)−(B) g	乾燥前 g	乾燥後 g	乾燥前 %	乾燥後 %	時間	(1951 年)
119.9	77.0	42.9	24.3	2.8	89.7	20.1	11	2月14日（曇）; 15日（曇）
126.2	76.4	49.8	23.7	2.6	90.7	17.5	9.5	2月16日（雪）; 17日（晴,曇）
112.2	69.1	43.1	—	2.6	90.5	15.6	18	3月5日（曇,小雪）; 6日（雪）
122.6	77.1	45.5	28.0	2.4	91.5	15.7	5.5	3月8日（晴,曇）
125.0	77.8	47.2	—	2.7	—	17.1	5.2	3月9日（晴,曇）
平均		45.7	25.3	2.6	90.6	17.2		

示す如くで、生ノリ1枚の重量は 23.7〜28.0 g であるにも拘わらず、乾燥による減少重量は 42.9〜49.8 g で、非常に大きな値であることを知る。このことは、乾燥によつて除去される水には、簀上に抄かれたノリ自身から除去される水以外に、簀に由來する水も可成りあることを示すものと解され、これについては實驗3及び考察に於て更に述べる。

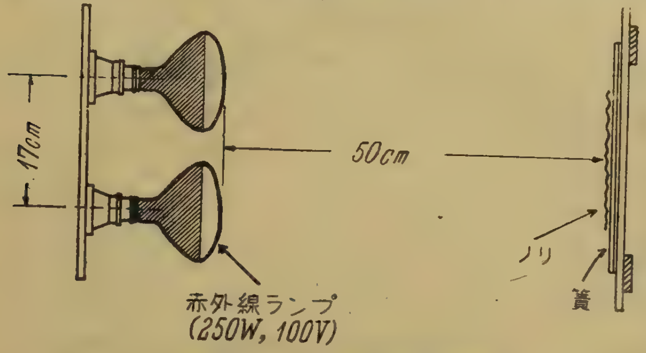
實驗 2.　ノリの赤外線による乾燥

* この抄く技術は熟練を要する關係上、ノリ業者和泉氏に依賴した。

赤外線を照射してノリを乾燥した場合の概括的な知識を得るために、次の實驗を行つた。

實 驗 2-(1)　乾燥に要する時間

第1圖に示すように、赤外線乾燥用電球の前方に置いた木製の枠（實驗用にノリ1枚用の小さなものをつくつて使用した）にノリを抄いた簀を張り、赤外線を照射して乾燥を行つたところ約40分を要した。この場合の赤外線照射條件は、東芝製マツダ赤外線乾燥用電球R型250W（100V）（以下赤外線ランプと略記する）4個を17cmの間隔（電球の中心から中心まで）をおいて2段に配置、赤外線ランプ面から被照射体であるノリまでの距離50 cm, 電壓95～100 V である（以下特に附記した場合以外は、この照射條件での實驗である）。この實驗では球面からの距離は 50 cm であるが、50 cm 以内に接近するときには、乾燥中にノリの一部が簀の面から剝がれたり、俗に「タコ」と呼ばれる長方形のノリの形の歪んだものになる場合があつた。70 cm 以上の距離では、短時間内には充分には乾ききらなかつた。扇風機による送風も試みたが（東芝製12インチ扇風機を使用)、著者の實驗條件では乾燥時間の短縮には、特別の効果は認められなかつた。これは送風の條件について充分な考慮をしなかつたためであろう。尾谷氏[1]は送風の條件について種々の檢討の結果を報告している。



第1圖　ノリの赤外線照射裝置

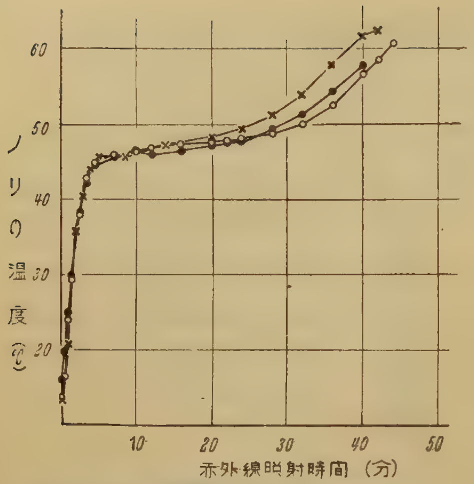
著者の得た赤外線によつて乾燥したノリは、日乾製品にくらべて品質が幾分か劣るように見受けられた（光澤、艶が幾分乏しいようである）。赤外線によるノリの乾燥條件については尾谷[1]、富山[3]氏等の報告があり、良質の製品が得られることが報告されている。著者は本實驗に於ては赤外線によつて商品となし得る品位のノリを製造できることを知つたが、赤外線で乾燥した場合のノリの品質向上のための赤外線照射條件については檢討は行わなかつた。

實 驗 2-(2)　赤外線照射時のノリの溫度變化

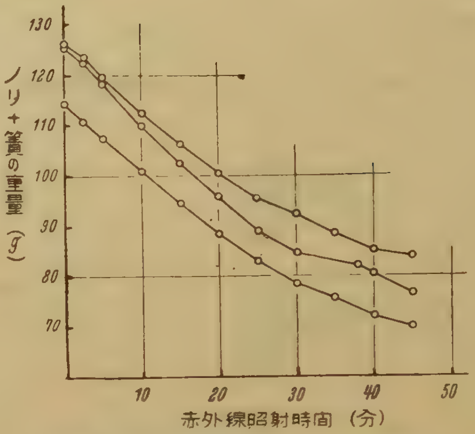
簀の中央部に溫度計を糸でとりつけ、この上にノリを抄いて、赤外線を照射し、照射處理時の溫度を測定して第2圖に示すような結果を得た（電壓：96～98V）。赤外線を照射しはじめると溫度は急激に上昇し、5分後には 45°C に達し、5～35 分間は45～50°C に保たれ、それ以後は再び上昇し、約 40 分を要して乾燥を終つている。

實 驗 2-(3)　赤外線照射時の重量變化

赤外線照射時に、一定時間毎に重量（ノリ＋簀の重量）をはかり、第3圖に示すような重量變



第２圖　赤外線照射時のノリの溫度變化



第３圖　赤外線照射時のノリの重量變化

化の結果を得た（電壓：97～99 V）。重量には大体一様な減少の傾向が認められ、約40分を要して乾燥を終つている。

實 驗 3　ノリ及び簀における水の分布狀態

實驗２から赤外線によるノリの乾燥は可能であることが推察できたが、新田氏[2]も述べているように、赤外線ランプの消費する電力の經費は無視することができないであろうから、赤外線を有効に利用する考慮がなされなければならない。このためには實驗１に得られた乾燥のために除去される水の內容について検討する必要があると考え、次の實驗を行つた。

實 驗 3-(1)　生ノリ葉体中に含まれる水の量

第１表に示されている生ノリの水分含量は約90％であるが、これは簀上に抄き、水切りを行つたノリについての値であつて、ノリ葉体の表面に附着している水も含まれている値である。生ノリ（細切されていないものを使用*）を水で洗つた後、直ちに濾紙の間に挾んで、ノリ葉体表面に附着している水を除く操作を３回行つた後、この試料について水分を定量し、ノリ葉体中の水分含量として83.2％の値を得た。

實 驗 3-(2)　生ノリ葉体の表面に附着している水の量

簀上に抄き、水切りを１時間行つたノリ（これは細切されている）について次の方法によつて、生ノリ表面に附着している水の量を測定した。大きさ約0.5×0.5 cmに切つた濾紙片を50 cc容遠心沈澱管の底部に軽く詰め、その上に約3×3 cmの大さに切つた濾紙を置き、この上にノリを載せ、遠心分離を行い、ノリ葉体の表面に附着している水を沈澱管底部の濾紙に吸いとらせた。

* ノリ製造の際の簀上に抄かれているノリは細切してある。このように細切されているノリの多數の小片について、その表面に附着している水を濾紙で除去する操作は煩雑にすぎ實施は困難であつた。

この遠心分離の操作の前後における濾紙の重量の増加量を、ノリ葉体の表面に附着している水の量とした。實驗には濾紙約9g、ノリ約3gを使用し、毎分2000回轉、10分間の遠心分離を行つた。その結果は第2表に示す如くである。尚供試生ノリの水分含量は遠心分離前は90.5%、遠心分離後は84.0〜84.2%で、實驗1及び實驗3-(1)の結果と大体一致している。この結果から、水切り1時間後のノリの約40%に相當する重量は、ノリ葉体の表面に附着している水で占められていることがわかる。乾ノリの断面を觀察すると、細切されたノリの葉体が折重つて0〜18層になつているのが認められ、又ノリ葉体の厚さ(30μと假定)から計算すると約15層になることを知る。從つて、ノリ葉体の表面積は可成り大きなものになると考えられ、第2表に示す如く大量の水を保持することができるものであろう。

第2表　ノリ葉体の表面に附着している水の量

供試ノリ重量 g	附着水重量 g	附着水率 %
3.70	1.45	39.3
3.43	1.45	42.3
3.12	1.26	40.5
3.33	1.34	40.3
3.07	1.24	41.4

實驗 3-(3)　簀に保持される水の量

簀に保持される水の量を次の様に測つた。豫め重量の測定してある簀に600 ccの水*をノリの抄かれる部分（簀の中央部17×20 cm）に注ぎ、室内に放置して水切りを1時間行つた後、簀の重量を測り、その増加重量を簀の保水量とした（室温15°C、濕度76%)。その結果は第3表の如くで、保水量は簀によつて異り、又同一の簀でも可成りの差はあるが、9〜15 ccの水が簀に保持されることを知る。この水は一部は簀をつくつているヨシとヨシとの間に保持され、又一部はヨシの中に吸い込まれてゆくように觀察される。

第3表　簀に保持される水の量

簀 No.	簀の重量 灌水前 (A) g	簀の重量 灌水後 (B) g	簀の保水量 (B)−(A) g
1	69	80	11
	69	79	10
2	60	73	13
	59	74	15
3	56	66	10
	53	65	12
4	79	88	9
	76	87	11
5	64	73	9
	62	75	13

實驗 4　ノリの乾燥處理によるビタミンC量の變化

實驗 4-(1)　日乾•赤外線乾燥處理によるノリのビタミンC量の變化

乾ノリのビタミンCについては多くの報告があり[6)〜10)]、多量のビタミンCが含まれているとされている。又大谷氏等[11)]はアサクサノリの日乾處理に際しては、ノリのビタミンCは可成り安定に保たれていることを報告している。赤外線を利用してノリを乾燥する場合、その照射處理のための、ノリ中のビタミンCの損失の程度について知るために、日乾及び赤外線照射處理時のビタミンC量の變化をしらべた。ビタミンCの定量は還元型ビタミンCをインドフェノール滴定法[12)]によつて行つた。海藻中にビタミンC以外のインドフェノール還元性物質の存在が報告されており[13)〜16)]、更に藤田氏[17)]は酵素法によるビタミン

* 「投げつけ法」によつてノリを抄くときに使用される水は、1枚につき約600 ccである。

C眞値の検討の結果では、アサクサノリはそのインドフェノール還元値の60％がビタミンC眞値であつたと報告している。本實驗に於ては、著者は一應、インドフェノール還元力の全部がビタミンCによるものと假定して、滴定値からビタミンC量を算出した。日乾處理の場合の結果は第4表に、赤外線による乾燥處理（電壓：95～99V）の場合の結果は第5表に夫々示してある通り、日乾、赤外線乾燥何れの場合も、乾燥處理中にビタミンCに或る程度の減少は認められる。

第4表　ノリの日乾處理によるビタミンC量の變化

乾燥前のノリ			乾燥後のノリ			V.C殘存率	所要乾燥時間	乾燥日時及天候
水分*	V.C含量	無水物100g中V.C量	水分	V.C含量	無水物100g中V.C量			
%	mg%	mg	%	mg%	mg	%	時間	(1951年)
90.7	42.2	454	15.5	383	453	100	6	3月7日(快晴)
77.8	97.3	438	15.5	301	356	81	5.5	3月8日(晴,曇)
91.0	38.4	427	15.8	302	359	84	5.5	〃(〃)
91.0	44.7	497	17.8	324	394	79	4 5	3月13日(曇,晴)

第5表　ノリの赤外線乾燥處理によるビタミンC量の變化

乾燥前のノリ			乾燥後のノリ			V.C殘存率	所要乾燥時間
水分*	V.C含量	無水物100g中V.C量	水分	V.C含量	無水物100g中V.C量		
%	mg%	mg	%	mg%	mg	%	分
70.7	141	481	10.0	419	466	97	20
82.6	70.5	405	13.1	332	383	94	30
84.9	64.4	426	19.5	288	358	84	30
82.5	80.8	462	13.1	333	383	83	30
70.2	148	497	10.8	404	453	91	40
87.5	55.2	442	17.5	229	278	63	41
88 3	54.2	463	17.8	262	319	69	44
68.5	95.1	302	10.2	166	185	61	50
92.0	39.1	489	8.44	150	164	34	60

* 乾燥前のノリの水分含量の値は第1表、實驗3-(1), 3-(2)の値にくらべて小さいのがある。これは實驗の都合上、ノリを抄いてから乾燥處理を開始するまでに長時間放置されたため、即ち水切り時間が長かつた（5～15時間）ことに、大きく原因すると考えられる。

第4，第5表に於て、日乾と赤外線乾燥とによるビタミンC殘存率の比較では有意な差は認められなかつた（$F_0=1.04<4.84=F^1_{11}(0.05)$）．第5表に於て、赤外線照射時間に對するビタミンC殘存率の回歸は有意であり（$t=b/s_b=5.53^{**}>3.50=t_{0.01}$, d.f.=7），赤外線照射時間が長くなるにつれてビタミンC殘存率は低下の傾向があることを知る。又このときの回歸方程式は

$\hat{Y}$（ビタミンC殘存率の推定値，％）=133−1.5X（赤外線照射時間，分）

で示され、Xの係數があまり大きくはないから、赤外線照射時間が短いときは、乾ノリ製品のビタミンC含量に大きな影響を及ぼすとは考えにくい。

實驗 4-(2) 赤外線照射のビタミンCに及ぼす影響

ノリの赤外線照射處理時に認められるインドフェノール還元力の減少は、（1）赤外線を照射することによつてひきおこされる加熱、即ち處理時にノリが或る程度の高溫に保たれている溫度の影響と、（2）上記の加熱以外の赤外線照射の影響との二つに分けて考えられる。これについて次のような實驗を行つた。直徑約 9 cm のシャーレに約 50 mg% の濃度に調製したビタミンC水溶液（ビタミンC結晶を再蒸溜水にとかした）を約 25 cc 入れ、液の上方から赤外線を 40 分照射した。照射條件は、赤外線ランプ 3 個，距離 50 cm, 電壓 98～99 V で、ビタミンC水溶液を入れたシャーレには蓋をせず、赤外線が液面に直接に照射されるようにした。シャーレ内の液溫は赤外線照射後 10～13 分で約 43°C に達し、それ以後は 43～48°C の溫度が保たれていた。赤外線照射處理の前後でビタミンC液の重量，ビタミンC濃度を測り、處理によるビタミンC量の減少量を求めた。ビタミンCの定量に際しては、試料を 2% HPO_3 溶液となして滴定を行つた。對照のために恒溫器内放置による加熱處理 40 分（液溫 46～47°C），室溫放置 40 分（液溫 20～21°C）の夫々の處理を行つたものについても同様な測定を行つた。上記（1）の赤外線照射による加熱の影響は加熱處理と室溫放置の比較から知られるであろうし、赤外線照射の加熱以外の（2）の影響は赤外線照射處理と加熱處理の比較から知られるであろう。得られた結果は第 6 表に示す様である（各

第6表　赤外線照射によるビタミンC量の變化（各處理について5個の値の平均値）

處理及び液溫	處理前			處理後			處理によるV. Cの減量
	V. C液量 g	V. C濃度 mg%	V. C量 mg	V. C液量 g	V. C濃度 mg%	V. C量 mg	mg
室溫放置（無處理）（20～21°C）	25.6	48.1	12.3	25.3	48.1	12.1	0.18
恒溫器内放置（加溫處理）（46～47°C）	25 6	48.8	12.5	23.8	49.8	11.8	0.64
赤外線照射處理（43～48°C）	24.9	47.7	11.9	18.9	58.5	11.0	0 86

處理によるビタミンC減少量についての共分散分析

室溫放置と加溫處理　$F_0=22.1^{**}$

室溫放置と赤外線照射處理　$F_0=150.3^{**}$

加溫處理と赤外線照射處理　$F_0=7.33^{**}$

自由度　$n_1=1$,　$n_2=7$　$F_7^1(0.05)\fallingdotseq 5.99$

$F_7^1(0.01)=12.25$

處理について 5 回の反復を行い、表内の數値はその平均値を示す)。共分散分析[18]によつて(供試ビタミンC量即ち處理前のビタミンC量の修正を行つた)、處理によるビタミンC減少量について各處理間の差を檢定したところ、室溫放置・加熱處理・赤外線照射處理の各々の處理の間に有意な差が認められた。この結果からビタミンC量は赤外線照射處理によつて減少し、この減少には赤外線照射によつて加熱されるための影響と、加熱以外の赤外線照射の影響との兩者があることが知られる。

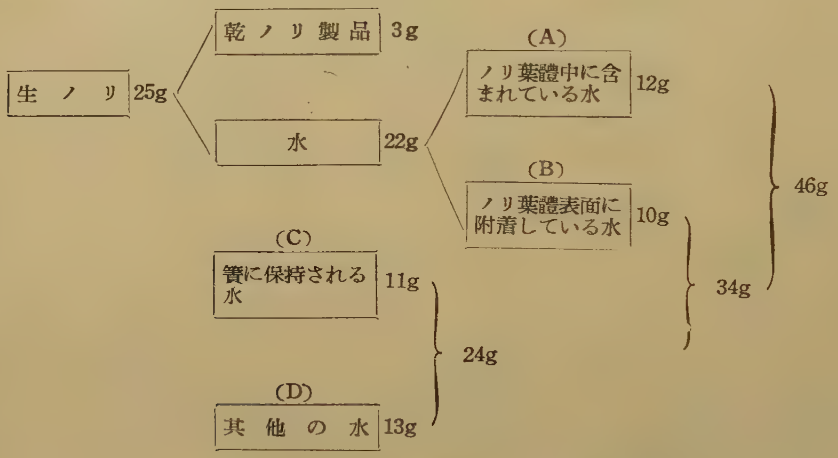
ノリの場合(第5表)はビタミンC水溶液の場合（第6表）に較べて、赤外線照射によるビタミ

ンC殘存率が小さいように見受けられる。その理由としては、ノリの場合には一般に生体内に存在していると考えられる酸化酵素の作用をうける可能性が考えられること、赤外線照射による溫度の影響を强く受けること（赤外線を照射しはじめてから短時間内にノリの溫度が上昇し、高溫に保たれている時間が長く、又乾燥末期に近づくときには更に溫度が上昇する）等の原因が考えられる。又或はビタミンC以外のインドフェノール還元性物質の減少の有無も關係する様にも考えられる。

考　　察

ノリの乾燥處理に赤外線を利用しようとするときには、赤外線の有効な利用に對する考慮が必要であることは前に觸れたが、ノリの乾燥處理の改良についての二・三の考察を行つてみたい。

實驗1及び實驗3で得られた結果から、簀上に抄かれて水切りを終つた生ノリ1枚の重量を25gと假定して、乾燥に伴つて除去される46gの水の内譯を概算すれば下の様になる。尙、本報告の實驗ではノリはすべて「投げつけ法」によつて抄いているので、「鴨つけ法」の場合には觸れない。



其他の水として（D）と示してある13gの水は、乾燥に伴つて除去される水46gから（A),（B),（C）の水を減じて得られた値で、實驗3でその由來を明らかにすることができなかつたものである。簀に保持される水として示された（C）の値は、實驗3-(3）にあるように、簀上にノリが抄かれていない狀態での値である。簀上にノリが抄かれている狀態では、簀とノリとの接觸面にも可成りの水は保持されると考えられるから、（D）の水の内にはこのような水が含まれている可能性がある。

（A),（B),（C),（D）に分けて考えられる水のうち、（A）に比して（B),（C),（D）の水が可成り大である。このことから、ノリの乾燥に際しては（B),（C),（D）の水をできるだけ少くすることが肝要である。例えば赤外線乾燥に於ては、（B),（C),（D）等の水は何等かの方法（例

えば機械的方法）で除去しておき、赤外線はノリ葉体中に含まれる（A）の水の除去を主な目的として利用されるべきであろう。このような考慮がなされ、乾燥所要時間の短縮が行われるとするならば、消費電力の經費の點ばかりでなく、赤外線照射によるビタミンCの損失の輕減も期待できよう。

ノリの簀に對して占める面積の割合を調査したところ46％であることを知つた*。それ故、從來日乾の際に使用されている簀や、簀を張る木枠等の乾燥用資材を、赤外線乾燥の場合にもそのまま使用するときには、赤外線の照射面を有効に利用するとは到底考えられない。尾谷氏[1]は赤外線乾燥用の簀は小型なものにすべきことを述べている。

簀が保水性・吸水性をもつていることは、ノリの水を簀に擴散させ、乾燥に際してはノリの表面からだけでなく、簀の面からもノリの水を蒸發させる効果が或はあるのかとも考えられる。併し、簀は前記したように、可成り大量の水を保持するために、乾燥の面から考えるなら、大きな缺點をもつていることになる。吸水量の少い，撥水性の簀に改めるならば、乾燥時間の短縮は期待できるのではあるまいか。一方、從來用いられている簀の特質である乾燥時にはノリの長方形の形が歪まないように保たせ、乾燥後はノリの形を損傷させることなしに、完全な形で簀の面からノリを簡單にはがすことができる點は、實際問題としては決して無視できないものであろう。從つて簀を保水量の少いものに改めることを考えるときには、ノリの簀の面に對する附着性と剝離性とについても、同時に考慮に入れておかなければならない。これが對策として、撥水性・離型性の珪素樹脂の應用はその一つの方法でもあろう。Pan glaze 用珪素樹脂（A. R. Brown, Mc Fariane & Co.）を塗裝した面についてのノリの剝離性を観察した結果では、下に示すように可成りの効果があることを知つた。

ノリを展着させた板の種類	乾燥後のノリの剝離性
ガラス板	全くはげぬ
Pan glazeを塗裝したガラス板	はげる
ブリキ板	はげる部分もあり、はげぬ部分もある
Pan glazeを塗裝したブリキ板	はげる

簀の改良法については今後の研究にまちたい。

摘　要

* ノリ1枚の大きさは $S_1=17\times20\ cm^2$, 木枠1個に簀は18枚を張ることができる。このときの簀の總面積は $S_2=77\times172\ cm^2$, 從つてノリの簀に對して占める面積の割合は

$$E(\%)=\frac{S_1\times18}{S_2}\times100=46\%$$

1. ノリの日乾處理の改良と、人工乾燥處理についての基礎資料を得る目的で、從來の日乾處理の檢討と、赤外線による乾燥處理についての實驗を行つた。

2. 生ノリ1枚の重量は約25g，これから得られる乾ノリ製品の重量は約3gであるが、この際乾燥に伴つて除去される水は約46gであつた。この內譯はノリ葉体中に含まれている水（A）が12g，ノリ葉体の表面に附着している水（B）が10g，簀に保持される水（C）が11g，其の他の水（D）が13gであつた。ノリ葉体中に含まれる水（A）の全體の水に對する割合は小さく、ノリの乾燥處理方法の改良に際しては、（B）•（C）•（D）の水をできるだけ少くすることが肝要であろう。

3. 赤外線を照射して、商品となし得る程度の品質の乾ノリ製品をつくることができる。この際赤外線照射は約40分を要した。

4. 赤外線乾燥處理は、その乾燥效率を高めるための考慮が必要であり、赤外線はノリの葉体中に含まれている水の除去を主な目的として使用すべきであろう。

5. 日乾•赤外線乾燥何れの場合も、その乾燥處理中に、生ノリに含まれているビタミンCの一部は失われる。赤外線照射時間が長くなるにつれて、ビタミンCの損失は大きくなる傾向がある。赤外線照射時間が短かいときには、乾ノリのビタミンC量は日乾のそれと大差がないと考えられる。

6. 赤外線照射によるビタミンCの損失の原因としては、赤外線照射によつてひきおこされる加熱の影響と、加熱以外の赤外線照射自体の影響との兩者がある。

7. 從來使用されている簀を、保持する水の少いものに改めるならば、乾燥所要時間の短縮の効果が期待できよう。但しこの場合、簀の大きな特質であるノリの簀に對する適度の附着性及び剝離性には考慮を拂う必要があり、珪素樹脂の應用はその一つの方法でもあろう。

終りにのぞみ、御懇切な御教示をいただいた谷井利用部長，谷田增殖部長，黑木技官，貴重な資料の提供をいただいた千葉縣水產試驗場尾谷技師，試料ノリの採取に援助をいただいた增殖部平野技官，實驗に協力をいただいた故鈴木葉子氏，高橋和子氏，試料ノリの入手•調製に便宜を圖つていただいた和泉氏の各位に厚く謝意を表する。

参　考　文　献

1） 尾谷　茂•高瀬　嚴：赤外線應用加工品の研究（千葉縣水試）I-IV.（1950-1951）
2） 新田　忠雄•杉本　仁彌•中井　俊介：日水誌　**16**, 440-442（1951）
3） 富山　哲夫：日水產學會大會講演（昭和26年5月，於 舞鶴）
4） 赤外線專門委員會：赤外線乾燥　P. 41（1951）日本電氣協會發行
5） 愛知縣水試：愛知水試事業報告書（昭和26年度）25-27　（1953）
6） 大谷　武夫•廣澤　裕：日水誌　**5**, 195-198（1936）
7） 藤田　秋治•海老原　勉：東京醫新　**3012**, 3593-3595（1936）
8） 海老原　勉：東京醫新　**3073**, 590-594（1938）

9) 三輪　春雄：名古屋醫雜　57, 643-648 (1942)
10) 桑原　勇：釀造雜　20, 333-338 (1942)
11) 大谷　武夫・石井　敎景：日水誌　9, 151-153 (1940)
12) 藤田　秋治：ビタミン集談會　2, 3-9 (1942)
13) G. Lunde; John Lie : Zeitschr. Physiol. Chem., 254, 227-240 (1938)
14) 高岡　道夫：農學　2, 379-382 (1948)
15) 高岡　道夫・石原　義雄・松原　良輔・角野　浩一・安藤　芳明・小野　俊子：科學　18, 368-369 (1948)
16) 高岡　道夫・松原　良輔・中村　正：科學　19, 182-183 (1949)
17) 藤田　秋治・日本臨床　23, 161 (1945)
18) スネデカー著; 畑村・津村・奧野・田中共譯：統計的方法　下　310-330 (1952) 岩波書店

岩手縣沿岸河川の水質について※

佐　野　　孝

THE CHEMICAL CONSTITUENTS OF THE RIVER WATERS ALONG THE COAST OF IWATE PREFECTURE

By

Takashi SANO

In December 1952, the author investigated the five rivers (fig. 2) along the coast of Iwate Prefecture, in northeastern Japan.

The data of water sampling are shown in Table 1.

The results are summarized as follows;

(1) The water temperature of four of the rivers was above 10°C, but that of the Heii river was exceptionally low.

(2) The contents of nitrite and ammonia were very low in all of the rivers, but that of nitrate was high in all except the Kozuchi and the Heii rivers.

(3) The N:P ratio suggested by Fleming (1940) was higher than 10:1 at the spawning beds contrary to those of the Kozuchi and Heii rivers which might produce a rich Plankton fauna and flora.

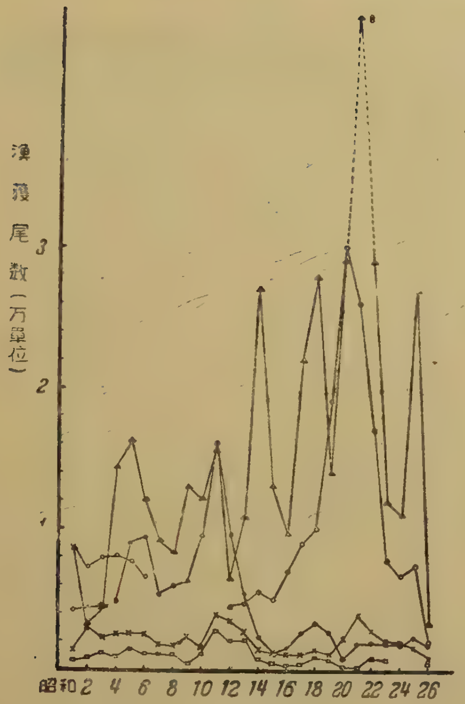
1. まえがき

岩手縣沿岸の各河川は明治初年頃より鮭の遡河した記録が見られ、その漁獲狀況も各河川によつて年々大きな變動を示しており、幾多の諸問題が考えられるが、昭和27年12月上旬代表河川と思われる5河川（大槌川・小鎚川・織笠川・津軽石川・閉伊川）の水質調査の機會を得たのでその結果を報告する。

2. 漁況の概要

過去の資料について鵜川[1]氏が報告した青森縣太平洋岸の代表河川（奥入瀬川・馬淵川）及び日本海岸の岩木川等の捕獲尾數と比較のため、岩手縣沿岸の大槌川・織笠川について昭和元年頃からの捕獲尾數を孵化場の資料について圖示すれば第1圖のように、岩手縣沿岸の之等の河川は捕獲數においてはるかに多いことが注目される。青森縣太平洋岸の各河川は昭和11～12年頃を頂點として減少の傾向を示し、日本海岸の岩木川については特定の年度を境とした漁獲減少の傾向は認められない事は既に報告されている。岩手縣沿岸の之等の河川については、格別に特定の年

※ 東北海區水產研究所業績　第60號



第１圖

●――奥入瀨川　□――馬淵川　▲――大槌川
○――織 笠 川　×――岩木川

度を境とした減少の傾向は認められないようで、昭和20～21年頃に最近における最も大きな漁獲の山が見られ、昭和26年以降急激な減少が見られる。

3. 調査時期及び方法

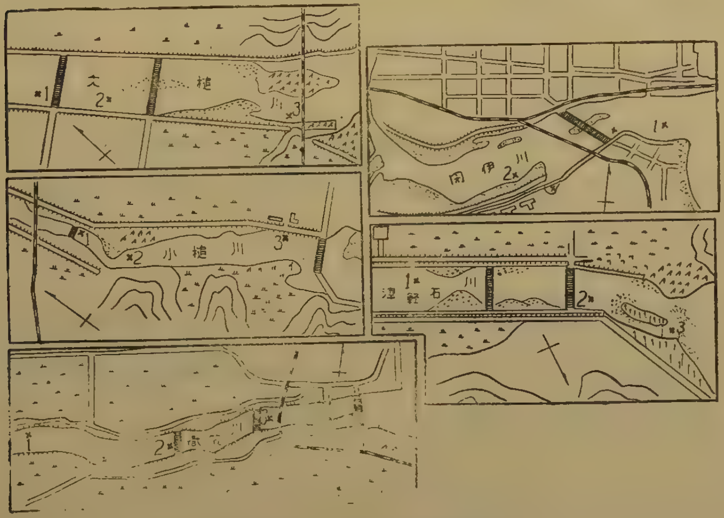
昭和27年12月2日から4日まで大槌川・小槌川・織笠川・津輕石川・閉伊川の5河川（第2圖）の鮭天然産卵場と上流・河口の水溫・pH・塩素量・溶存酸素・可溶性榮養塩（$NH_4^{\cdot}$–N・NO_3'–N・NO_2'–N・P）を測定した。採水はチエルニーの硝子採水器を使用した。

4. 結果及び考察

分析結果は第1表に示した。猶昭和27年11月1日から約1ヶ月間毎日10時に孵化場で測溫した大槌川・小鎚川・織笠川の水溫と織笠川における漁獲尾數（♂♀）を第2表に示した。

A. 大 槌 川

觀測した場所の水深は 15～30 cm, 河口（St. 3）は約1mであつて、主として産卵場は St. 2 附近から上流となつている。採水時は干潮で水溫 12～12.8°C、pH は 7～7.2、塩素量は河口（St. 3）で 0.07 %を示し窒素塩中 NO_2'–N, $NH_4^{\cdot}$–N は皆無になつているが、NO_3'–N の含有量は 95 γ/L の濃度であつた。



第2圖　各河川の觀測地點

B. 小 鎚 川

河口は廣く、水深2m以上で、St. 2 附近では 30～50 cm, 主として産卵場は St. 1 附近より上流であり、水量は極めて少かつた。塩素量の分布は河口（St. 3）で 12.97 ‰, St. 2 附近で 7.05 ‰ を示し此のあたりに迄海水が浸入して來ていた。

第1表　各河川の分析表

	Date	Station	Time	water temp	pH	Cl‰	S‰	O_2cc/L	O_2%	Pγ/L	NO_2'-Nγ/L	NO_3'-Nγ/L	NH_4·-Nγ/L
大槌川	12.2	1	$11^{H}.10^{M}$	12.8	7.0	—	—	7.16	95.5	6	—	95	—
	〃	2	12.08	12.8	7.0	0.05	—	5.43	72.8	5	—	95	—
	〃	3	12.20	12.0	7.2	0.07	—	6.75	89.0	7	—	45	—
	〃	孵化水	14.10	12.8	7.1	—	—	×	×	5	—	85	—
小鎚川	12.2	1	14.10	12.6	7.0	0.15	—	7,68	102.0	5	—	40	—
	〃	2	14.40	12.2	7.4	3.89	7.05	6.18	83.9	5	—	45	—
	〃	3	15.10	13.2	8.1	12.97	23.44	5.95	91.2	7	2	20	—
津輕石川	12.3	1	10.25	13.8	6.9	—	—	5.91	81.3	4	—	85	—
	〃	2	10.50	12.7	7.0	0.08	—	7.15	95.7	5	—	95	—
	〃	3	11.10	10.6	7.6	3.91	7.08	6.46	94.0	5	—	90	—
	〃	孵化水	10.05	11.8	6.4	—	—	6.50	85.3	4	—	90	—
閉伊川	12.3	1	14.30	9.8	8.2	9.61	17.37	5.15	71.2	7	2	20	—
	〃	2	14.50	6.9	7.6	0.98	1.84	8.36	97.8	25	1	30	—
	〃	工場前	16.00	9.3	5.4	×	×	×	×	×	×	×	—
	〃	下流100m	16.00	5.4	7.6	×	×	×	×	×	×	×	—
織笠川	12.4	1	14.20	12.0	7.1	—		×	×	—	—	70	—
	〃	2	14.40	10.4	7.1	—	—	×	×	—	—	95	—
	〃	3	15.00	9.6	7.1	0.61		×	×	—	—	90	—
	〃	孵化水	13.15	11.8	7.1	—	—	×	×	—	—	70	—

備考　表中（—）は存在しない事を示し（×）は缺測を表示している.

St. 1 附近で pH 7，塩素量 0. 15 ‰ で、水溫は 12. 6°C を示し、NO_3'-N の含有量は 40 γ/L の濃度であつた。

C.　織　笠　川

水深は 15～30 cm，産卵場は St. 3 附近から上流で、産卵床は長い。上流に支流（根井澤川）がある。採水時は干潮で河口迄殆んど淡水で、pH 7，NO_3'-N は大槌川同様に 70—95 γ/L 存在し、根井澤河口の水溫は 6. 2°C に低下していた。

D.　津　輕　石　川

河幅は廣く、水量も他の河川より多く、河口（St. 3）附近の水深は 1 m 位、St. 2 附近で 50 cm で、産卵床は長い。採水時は干潮で水溫 10. 6～13. 8°C，河口（St. 3）附近の塩素量は 3. 91 ‰で St. 2 附近から上流は淡水で NO_3'-N の含有量は 85-90 γ/L の濃度であつた。

E.　閉　伊　川

之れらの河川中最も大きく、河口（St. 1）は宮古市街に面し船付場となつており、St. 2 附近から上流が産卵場となる。河口（St. 1）の塩素量は 9. 61 ‰，St. 2 附近で 0. 98 ‰ となり、特に無機態の P は 25 γ/L で他の河川より多い。NO_3'-N の含有量は 20～30 γ/L で他の河川より少く、NO_2'-N は微量検出された。特に工場前の pH は 5. 4（M. R）で酸性を示し、鐵塩も検出された。

第 2 表

Date	大槌川	小鎚川	織笠川		
	water temp.	water temp.	water temp.	Catch	
	(C°)	(C°)	(C°)	♀	♂
11,1	14.3	15.0	15.5	9	20
2	14.3	14.8	15.5	5	7
3	14.5	15.5	15.5	4	8
4	14.5	15.5	15.5	6	2
5	14.0	14.5	15.0	16	18
6	14.5	15.0	15.0	21	30
7	14.0	14.5	15.5	11	20
8	14.0	14.6	15.5	16	18
9	14.0	14.8	15.5	10	12
10	13.8	14.0	15.5	12	23
11	13.5	14.7	15.5	10	14
12	13.5	14.2	15.5	15	12
13	12.2	13.5	15.5	11	23
14	11.8	13.0	14.0	6	11
15	12.5	13.5	15.0	11	9
16	13.2	13.7	15.0	10	12
17	13.5	14.8	13.5	12	22
18	12.5	13.5	13.5	17	23
19	13.0	13.5	13.5	9	19
20	12.4	12.9	12.5	6	12
21	11.8	12.5	13.0	9	8
22	12.3	12.9	12.5	11	33
23	11.9	12.9	13.0	10	17
24	12.0	12.5	12.5	7	8
25	11.5	12.2	12.5	12	39
26	11.8	12.3	13.0	10	17
27	11.8	12.2	13.0	5	2
28	12.0	12.5	13.0	18	45
29	13.5	13.0	14.0	43	118
30	12.6	13.2	13.0	17	36

工場前より下流100 m附近になるとpHは7.6を示し、水温は他の河川より低い。

詳細な吟味をするためには各河川の諸要因の時間的經過に對する檢討が必要であるが、現在得られている觀測結果について若干の考察を行うと、各河川によつて水量・水温・塩素量等の分布に若干の特徴が見られ、水温は特に閉伊川で 10°C 以下になつているのが注目された。ここでは漁期も早く、青森縣太平洋岸の各河川のように11月上旬～中旬に盛漁期が現われている。此の事は水温の影響によつて各河川の盛漁期は僅にづれがあるように思われるが、今後の調査によつて究明されなければならない。

天然產卵場のpHは中性で、NO_2'–N・NO_4'–N の含有量は各河川共殆んど皆無になつているが、NO_3'–N の含有量は小鎚川・閉伊川を除く各河川は70～95 γ/L の濃度を示し、一應鐵塩の影響によることが考えられるので、Winkller 法で檢出を行つたが殆んど檢出されなかつた。天然產卵場の N : P の割合は、小槌川・閉伊川を除いた各河川は P の量がほぼ同量であるのに比して、N は之等の河川では 10 : 1 以上の割合を示し、從つて水質の點のみを考えると、餌料プランクトンの發生に好條件を與えていることが想像された。

岩手縣水試[2]で調査された各河川の水質調査には、鮭の遡河時期の資料がないので、今回は比較檢討しなかつた。

摘　　要

昭和 27 年 12 月上旬岩手縣沿岸の 5 河川の鮭天然產卵場の水質調査を行つた。

產卵場の水溫は 10°C 以上で特に閉伊川は低いことが注目される。

pH は中性で、NO_2'–N・$NH_4^{\cdot}$–N の含有量は殆んど皆無になつているが、NO_3'–N の含有量は小鎚川・閉伊川を除く各河川は 70〜90 γ/L の濃度を示し、N : P＝10 : 1 以上の割合で、プランクトンの發生に好條件を與えることが考察される。

終りに現場について種々御指導を賜つた本所長木村喜之助博士、東北大學教授今井丈夫博士、御校閲をいただいた本所増殖部長谷田專治博士、利用部長谷井潔技官に深甚な謝意を表す。

参　考　文　献

1）鵜川　正雄（1952）：青森縣における秋サケについての 2,3 の知見　日本海區水研創立三周年記念論文集

2）岩手縣水試（1951）：各河川の水質調査表（昭和 26 年 5 月）

3）北海道さけ，ますふ化場（1952）：事業成績書（昭和 28 年 3 月）

4）谷井　潔・佐野　孝（1948）：稲田養魚に關する一考察　日本水產學會誌　Vol, 15 No. 2

アブラガレイ（*Athresthes evermanni*）のビタミンA含有量の研究（第1報）※

山 村 彌六郎・武 藤 清一郎

STUDIES ON THE VITAMIN A CONTENTS OF THE OIL SOLE (*ATHRESTHES EVERMANNI*) (I)

By

Yarokuro YAMAMURA and Seiichiro MUTO

The oil sole (*Athresthes evermanni* JORDAN & STARKS) is abundant in the northern part of the TOHOKU sea region and the Pacific coast of HOKKAIDO, where it lives at the depths of 50～800 m.

This flat fish has been, several years considered as important owing to its containing a large amount of vitamin A in the viscera, especially in the pyloric caeca, intestine and liver. For this reason the authors have studied its vitamin A contents on 163 samples obtained from July 1951 to June 1954.

Analysis were made on oil and vitamin A contents of the liver and the viscera (pyloric caeca+intestine) taking into consideration the sex, size, maturity, season, locality and depth of catch.

Vitamin A contents were estimated colorimetrically being denoted by C. L. O. U. on the oil extracted by ether mincing these organs with anhydrous sodium sulfate.

The results of this investigation are summarized in Table 2, from which the following facts were drawn.

1. The vitamin A contents of the liver and visceral oils increase according to the body-length (age), a sharp increase occurs when the fish exceed 40 cm in length of males, 50～60 cm in length of females. A very high potency is seen in specimens exceeding in length, 60 cm without exceptions, sometimes reaching 1 million U. S. P. U. in the case of the visceral oil (Figs. 1 and 2).

2. The relationship of the cod liver oil units (C. L. O. U.) and the United State Pharmacy Units (U. S. P. U.) which were measured by the Beckman spectrophotometer of this species are shown in Tab. 1.

3. The group accumulative ratio[4] of vitamin A above 10 C. L. O. U. for the liver and 500 C. L. O. U. for the visceral oils were calculated for each body-lengths of 20～30 cm, 30～40 cm, and so on. The ratio exceeding 40 cm in the males and 50 cm in the females were plotted against month (Tabs. 3～6 and Figs. 3～6). We may judge that if the ratio is 0.5 to 1, the group is increasing in vitamin A contents; when

※ 東北海區水產所研究所業績 第61號

the ratio is 0.5, the group indicates equilibrium in vitamin A; but when the ratio is 0.5 to 0, the group is decreasing in vitamin A contents.

The ratios of the liver and visceral oils seem to increase according to the body-length in both males and females, attainning 1 in specimens exceeding 60 cm in body length.

The monthly fluctuations of this ratio tend to decrease from December to January owing to the influence of spawning.

The vitamin A contents of the liver and viscera in specimens less than 40 cm in body-length are generally low through every season in both the males and females, but those exceeding 40 cm in body-length are generally high except in summer.

4. There are positive correlations with accurateness within 99 percent between the body-length and vitamin A concentration or total vitamin A in both the liver and viscera (Fig. 7).

If we denote the body-length, L, the vitamin A concentration or total vitamin A, A, a formula may be expressed as

$$A = be^{kL} \quad \dots\dots\dots\dots (1)$$

where, b, k, are constants, e, the base of natural log.

The value of k (2.5~2.8) can be known graphically from Figs. 8 and 9 and the summary in Tab. 8.

5. With regard to the ratio of the vitamin A content of liver and viscera we know:

$$\frac{\text{V. A. concentration of the Viscral oil}}{\text{V. A. concentration of the liver oil}} \text{ is about 30}$$

$$\frac{\text{Total V. A. in the Viscera}}{\text{Total V. A. in the liver}} \text{ is about 3.}$$

while, liver percent for body-weight is ca 2.7 percent
viscera percent for body-weight is ca 3.7 percent
oil percent of liver is 30~40 percent
oil percent of viscera is 2~5 percent

6. With regard to the Viscera Liver ratio of vitamin A, we see

i) The mean of V. A. concentration ratio and total V. A. ratio does not differ for season, locality, depth etc. (Tab. 10).

ii) Total V. A. of the visceral oils tend to increase with the increase of that of the liver oils (Fig. 10).

iii) However, there is no correlation between total V. A. ratio of the viscera and liver to the body-length (Fig. 11).

7. It will be seen from Tab. 9 and Fig. 12 that the V. A. content is more abundant in the fish which lives in deep waters than those of shallow waters, whose sex, maturity, size, liver or viscera for body-weight, oil content and season are approximately equal.

8. It seems also to be some differences of the contents of vitamin A by locality of the sea in which the fish are living when we take into consideration a wide range, i. e. KUSHIRO (Pacific coast of HOKKAIDO), RAUSU (NEMURO strait) and YAMATO TAI (Japan Sea) (Tab. 12).

I. 緒　言

アブラガレイ（*Athresthes evermanni* J. & S.）がビタミンA原料として登場して來たのは昭和22–23年頃からで、殊にその肝臓よりもそれ以外の內臓（幽門垂・腸）に著しく高單位のAを含むことがわかつて以來のことである。

アブラガレイは東北海區北部・北海道太平洋岸で多く漁獲される。その他オホツク海・日本海でも可なり漁獲され、その總水揚高は大凡年間300萬貫以上に達する。

主漁場は八戸・惠山・苫小牧・襟裳・釧路沖合の50〜800mの亞深層帶で、東北水研八戸支所の調査[1]によると、若年魚は淺海、高年魚は深海に棲息する傾向にあるという。

漁獲物の體長範圍は80〜830mmであり、石田等[2]は體長と耳石年輪との關係から、また甲[3]は體長と脊椎骨の年輪との關係を調べて、本種の年齢を查定しているが、兩者の間には若干の食い違いがあつて、未だ確定的な結論を得るに至つていない（その後笠原は本問題を詳細に取り上げて本誌に發表している）。但し雌では平均體長42cm, 雄では38cm附近で生殖腺が熟することが觀察されているから、大體雌雄共40cm前後で成魚になるものと考えられる。

棲息水溫は凡そ0〜10°C, 3°C前後に最も分布が多い。漁期は北海道太平洋岸沖合では10月〜1月、盛漁期は12月で漁場中心は苫小牧沖合である。この盛漁期は產卵群が多く12月が本種の產卵期と思われる。

本報告に於てはアブラガレイのビタミンA含量の性別・年齢(體長)・魚體の部位（肝臓及び幽門垂＋腸）時期・漁場・深度等による差異について調査した結果の概略を報告する。

II. 試料及び分析方法

試料として用いたものは東北水研八戸支所調查船または八戸市魚市場にて採取したもので、1951年7月より54年6月にわたる163尾（♀132, ♂31）である。

試料の採集及び分析は、可及的新鮮な材料を擇び體長（肉體長)、體重を測定したのち內臓を摘出し、肝臓*とその他の內臓（幽門垂＋腸）とに分けて秤量したのち、メタノールを加へて保存した。分析に當つては、試料を蒸發皿にとり湯煎上にてメタノールを蒸發したのち、乳鉢で磨砕

* アブラガレイの肝臓は略楕円形で切れ込みの淺い三葉から成り、色は枯草色・鮮黄色・灰綠黄色などがあるが之れと單位との關係は定まつていないようである。幽門垂は胃と腸の境目に4本の指狀に連らなつた乳白色の器官で、一寸腸と見分け難いので、幽門垂と腸とを合せて採油することにした。胃は大きく單位は低いし、脾臓や膵臓などもビタミンA原料としての價値は少いと思われたので除外した。これら臓器の構造については本誌三河の研究を參照されたい。

しその全部または、一部をとり無水芒硝で脱水後、10倍量の過酸化物を除いたエーテルを用いて冷抽出を行つて含油量を求め且つその油について、三塩化アンチモン比色法によりビタミンA濃度を測定（單位―C. L. O. U.）した。なお時々農林省輸出品検査所鑑釜分室に依頼して同一試料についてベックマン分光光度計に依る比較検定を行い、本魚種についてのCLO價と米國局方單位（U. S. P. U）との關係を求めた。すなわちアブラガレイのC. L. O. 價とU. S. P. U. との關係はTable 1に示す如くで、その換算係數は平均550であり一般の肝油に用いられている値380*（10 C. L. O. U附近及び以下では420）よりも可なり大きくなつている。

Table 1. アブラガレイビタミン油のC.L.O. 價を米國局方單位（U.S.P.U.）へ換算する係數

	C.L.O.U.10　以下	C.L.O.U　10～50	C.L.O.U. 50以上	全　　體
試料數	8	27	6	41
f	643.6±134.5	550.3±56.8	428.8±78.3	550.8±47.4

（註）±の數字は危險率5％での信頼限界を示す

分析した試料及び結果はTable 2に總括する通りである。

III. 結果の考察

Table 2の資料に基ずき以下の諸項について考察を試みた。幽門垂と腸は組織的に續いており含油率は少いがビタミンA濃度は肝臓の數10倍に達し、その總量（臓器重量×含油率×A濃度）も2～3倍に及ぶので、本報告では幽門垂と腸は一緒にして内臓（Viscera）と稱し、得られた油は内臓油（Viscera Oil）と稱することにする。

1.　体長とビタミンA濃度との關係

體長とビタミンA濃度との關係は、肝臓油をFig. 1. 内臓油をFig. 2に示す。（ビタミンA濃度は鱈肝油單位―C. L. O. U. で表わす）。

肝臓・内臓共に雄は體長40 cm附近より雌は50～60 cm位で增加が急激となり、60 cm以上は著者等の實驗結果では例外なく高單位（500 C. L. O. U以上）であつた。增加が著しくなる點は圖よりみて肝臓では10 C. L. O. U., 内臓では500 C. L. O. U. 附近である。

肝臓油については10 C. L. O. U. 以上、内臓油については500 C. L. O. U. 以上の出現する比率―群蓄積率[4]―を性・體長・月別に示したのがTable 3, 4である。

今1・2・3月を冬、4・5・6月を春、7・8・9月を夏、10・11・12月を秋とするとTable 3及び4から次のことが概括的に云える。

1）肝臓油は體長30 cm以下は雌雄共にビタミンA濃度は春夏秋冬を通じて低く、30～40 cmでは高低相半ばし、40 cm以上は夏季を除き全般に高い。

* 脂溶性ビタミン綜合研究委員會編（1950）. ビタミンA・D, 117頁.

Table. 2. アブラガレイの肝臓及内臓に於けるビタミン A 含有量と諸條件

漁獲時期	漁場	深度 m	性	體長 cm	體重 g	肝臓 重量 g	肝臓 含油率 %	肝臓 Vitamin A C.L.O.U.	内臓（幽門垂＋腸） 重量 g	内臓（幽門垂＋腸） 含油率 %	内臓（幽門垂＋腸） Vitamin A C.L.O.U.	成熟度
1951年10月	惠山沖	800	♀	60.5	4.350	114.5	19.1	24.0	—	—	—	
			♀	52.0	2.665	96.2	18.8	6.0	—	—	—	
11月	苫小牧沖	640～720	♂	40.5	1.275	18.7	43.5	3.9	—	—	—	
			♀	58.5	3.720	133.4	47.5	29.0	—	—	—	
	泊沖	340	♂	23.0	250	1.8	42.5	3.0	—	—	—	
			♀	34.5	648	8.2	26.1	5.3	—	—	—	a
1952年1月	泊沖	350	♀	48.0	1.930	66.0	31.8	1.1	—	—	—	a
			♀	35.0	730	18.8	30.7	1.3	—	—	—	a
			♀	24.5	160	2.1	14.0	1.2	—	—	—	a
3月	泊沖	400～450	♀	54.5	2.580	61.5	45.0	13.0	—	—	—	a
			♀	36.0	655	9.9	12.6	8.3	—	—	—	
5月	泊沖	150	♀	19.5	88	0.6	27.0	0.9	—	—	—	a
			♀	18.8	80	1.0	17.0	5.0	—	—	—	a
		500	♀	53.2	2.820	92.0	31.7	12.0	—	—	—	b
			♀	51.0	2.270	51.0	34.0	11.0	—	—	—	b
7月	泊沖	300	♀	38.4	912	16.5	13.4	10.0	—	—	—	a
			♂	31.2	460	6.1	7.4	8.9	—	—	—	
			♀	50.3	2,000	50.5	26.0	8.0	—	—	—	b
1952年12月	不明（八戸水揚）		♀	63.0	4,295	175.0	33.0	43.0	190.0	5.6	1,240	
			♀	51.0	2,475	49.0	32.5	38.0	134.0	4.1	830	
			♀	50.0	2,090	56.5	39.9	23.0	96.0	7.1	286	
			♀	55.5	3,220	160.0	42.6	10.0	130.0	4.5	580	
			♀	60.0	3,940	92.5	34.6	35.0	124.5	3.9	920	
			♂	44.0	1,155	28.5	48.9	7.0	40.0	4.4	162	
1952年12月	不明（八戸水揚）		♂	43.5	1,175	21.0	41.3	8.6	36.5	3.5	177	
			♂	40.0	1,025	19.5	50.0	7.0	38.6	4.2	101	
			♂	43.5	1,265	29.0	48.4	8.0	15.8	6.6	154	
			♂	43.5	1.090	20.0	42.7	12.0	31.8	4.9	160	
12月	No.117（八戸沖）	330～358	♀	38.4	849	12.0	22.1	12.0	26.5	2.2	104	
			♀	40.8	835	12.0	18.4	18.0	34.5	2.9	95.5	
			♀	30.7	390	7.0	15.6	1.3	18.0	2.6	63	
			♀	40.6	1,150	29.7	36.5	4.5	34.0	2.1	2,350	
			♂	28.4	333	10.2	14.2	3.5	14.5	3.1	56.2	
			♂	36.6	714	11.7	20.5	41.0	17.0	5.3	138	
〃	釧路沖	500～700	♀	70.0	5,750	135.5	18.5	350.0	10.7	5.0	2,750	
			♀	68.0	6,050	128.0	29.7	350.0	77.5	5.6	2,500	
			♀	56.0	3.200	88.5	31.2	32.0	43.5	2.8	0	
1953年1月	惠山沖		♀	53.0	2.550	65.0	31.5	6.0	—	—	—	
			♀	50.0	1.950	42.0	32.7	35.0	—	—	—	
2月	エリモ沖	850	♀	60.0	3.770	83.5	37.8	35.0	—	—	—	
			♀	50.0	2.910	42.0	34.7	17.5	—	—	—	
			♂	30.0	1.850	12.0	29.5	22.5	—	—	—	

漁獲時期	漁場	深度 m	性	體長 cm	體重 g	肝臓 重量 g	肝臓 含油率 %	肝臓 Vitamin A C. L. O. U	内臓（幽門垂＋腸） 重量 g	内臓（幽門垂＋腸） 含油率 %	内臓（幽門垂＋腸） VitaminA L. C. O. U.	成熟度
5 月	No. 61（エリモ沖）	700	♀	53.0	2.585	118.0	26.1	71.5	83.0	3.0	1,160	a
			♀	60.0	3.165	139.0	27.3	60.5	146.5	3.1	1,620	a
			♀	52.0	2.340	161.5	28.5	32.5	102	3.0	800	a
			♀	51.9	2.580	173.5	41.6	16.0	109	3.0	500	b
			♀	61.5	3.585	169.0	29.1	125.0	176	5.0	2,900	b
1953年 5 月	No. 61	700	♀	51.3	2,125	95.0	19.1	13.6	82.0	3.0	1,020	a
			♀	49.3	1,915	92.0	37.9	8.6	77.0	3.0	375	b
			♀	50.2	1,830	94.0	30.8	7.2	88.0	2.5	440	b
			♀	46.5	1,600	74.0	34.7	6.7	75.5	2.5	470	a
			♀	52.0	2,055	107.5	28.5	18.4	89.5	2.7	316	b
			♀	55.8	2,660	106.0	23.6	32.0	86.0	2.1	445	b
			♂	39.8	781	28.0	21.3	40.0	57.0	2.6	435	
7 月	No. 54（エリモ沖）	850～900	♀	51.5	2,110	48.6	25.8	9.5	—	—	—	
			♀	55.0	2,740	86.1	35.5	5.0	—	—	—	b
			♀	45.5	1,762	51.2	40.8	4.5	—	—	—	b
8 月	No. 75（エリモ沖）	250～300	♀	56.0	3,050	121.4	30.5	4.5	—	—	—	b
			♀	33.7	553	17.5	20.3	16.0	—	—	—	a
			♂	28.3	350	3.3	18.0	5.2	—	—	—	
9 月	No. 54*（エリモ沖）	750～840	♀	54.2	2,610	95.0	21.1	10.4	20.5	3.2	460	b
			♀	49.0	1,950	47.6	27.3	5.5	13.2	3.7	100	b
			♀	54.7	3,180	99.5	34.0	12.6	15.0	4.3	350	b
			♀	51.0	2,370	81.7	28.2	4.0	13.0	4.0	375	b
			♀	47.0	1,915	58.2	29.0	6.8	10.0	4.2	115	a
			♀	54.0	2,640	87.5	41.7	11.0	19.0	4.8	440	b
			♂	42.6	1,400	50.0	27.4	5.8	15.7	3.1	120	
			♂	41.5	1,170	21.5	21.5	35.0	6.0	4.9	158	
			♂	44.5	1,145	31.2	18.0	9.5	6.0	10.2	124	
			♂	37.4	750	14.9	12.0	8.0	15.0	1.4	200	
11月	浦河沖		♀	27.7	310	3.6	23.0	4.8	—	—	—	a
			♀	29.0	370	4.0	26.3	3.4	—	—	—	a
			♀	26.5	290	2.9	26.1	1.3	—	—	—	a
			♀	27.8	330	4.3	22.0	4.2	—	—	—	a
			♀	29.4	415	5.8	23.5	3.4	—	—	—	a
			♂	25.2	245	2.1	43.9	5.0	—	—	—	
			〃	26.5	270	3.2	32.5	3.9	—	—	—	
			〃	24.6	260	3.5	21.5	0.7	—	—	—	
12月	No. 176（泊　沖）	250	♀	49.7	2,100	52.6	33.9	7.0	32.5	3.2	355	c
			〃	52.5	2,100	56.0	41.5	14.0	32.5	2.9	267	a
			〃	53.7	2,860	98.8	31.5	16.0	40.5	5.9	1,200	b
			〃	49.6	1,900	87.7	41.4	7.0	28.0	3.7	1,140	b
			〃	54.3	2,810	99.5	32.9	12.0	44.0	3.4	690	b
			〃	53.8	2,580	78.5	37.8	10.0	45.5	2.9	920	b

* 内臓は幽門垂のみ

漁獲時期	漁場	深度 m	性	體長 cm	體重 g	肝臓 重量 g	肝臓 含油率 %	肝臓 Vitamin A C.L.O.U.	内臓（幽門垂+腸） 重量 g	内臓（幽門垂+腸） 含油率 %	内臓（幽門垂+腸） Vitamin A C.L.O.U.	成熟度
1953年 12月	No. 176 (泊沖)	250	♀	54.2	2,800	100.0	32.0	17.0	46.0	3.3	1,140	b
			〃	54.0	2,640	66.0	25.5	18.0	40.5	3.0	750	b
			〃	52.0	2,570	90.7	32.4	13.2	42.5	2.5	900	b
			〃	64.0	4,350	134.5	20.5	100.0	78.5	5.0	1,900	b
			〃	55.6	2,920	88.0	24.6	20.0	34.0	3.6	1,140	b
			〃	51.9	2,300	77.0	22.6	9.0	47.5	2.4	600	b
			〃	54.5	3,100	98.5	28.1	20.0	51.0	3.1	830	b
			〃	56.3	3,080	98.5	34.4	16.0	46.5	2.8	1,260	b
			〃	48.0	1,805	41.0	26.9	22.0	29.5	4.6	400	c
			〃	58.9	3,080	45.5	25.6	40.0	57.0	3.5	1,220	b
			〃	54.9	2,555	91.0	38.5	16.0	47.0	5.6	900	c
			〃	50.0	1,960	65.5	32.2	10.0	30.0	2.0	450	b
			〃	56.3	2,870	85.5	41.3	13.0	55.0	3.0	1,000	a
			〃	52.4	2,287	78.5	35.6	9.0	30.5	2.5	600	c
			〃	56.1	3,085	130.5	35.7	8.0	47.5	3.3	1,140	b
			〃	67.9	5,930	199.0	19.2	200.0	114.0	6.1	2,500	b
			♀	51.6	2,410	68.0	35.5	36.0	63.5	3.1	1,000	a
			〃	57.0	3,000	76.0	21.6	50.0	58.5	2.9	1,330	c
			〃	54.1	2,565	78.0	23.5	14.0	34.0	2.5	1,120	b
			〃	55.5	3,090	106.5	31.8	16.0	56.0	2.8	1,000	b
			〃	58.9	3,358	112.0	20.5	30.0	57.0	2.9	720	b
			〃	49.0	1,725	36.0	44.6	20.0	30.0	3.0	84	a
			〃	50.5	2,150	65.0	29.8	12.0	20.5	3.0	300	b
			〃	55.5	2.900	87.0	30.4	16.0	35.5	2.3	1,200	b
12月	No. 30.33 (釧路沖)	800～900	♀	54.4	3,100	79.5	32.8	16.0	47.0	2.9	1,000	c
			〃	58.0	3,510	95.5	34.1	60.0	39.5	5.5	2,000	c
			〃	57.5	3,420	66.1	23.3	70.0	38.5	4.6	1,120	c
			〃	51.0	2,440	54.5	20.3	45.0	45.5	2.9	83.5	c
			〃	51.2	2,480	61.0	21.6	20.0	34.0	7.5	2,340	b
			〃	53.6	2,880	60.0	32.4	13.0	38.0	2.1	715	c
			〃	52.4	2,240	52.4	24.1	12.0	36.5	1.9	580	b
			〃	55.6	2,870	74.5	34.1	11.5	32.5	2.3	1,010	b
			〃	59.2	3,090	109.7	39.9	7.0	37.0	3.1	2,000	b
			〃	53.8	3,860	153.5	34.4	8.0	41.0	16.8	400	b
			〃	51.0	2,300	74.6	42.2	7.0	30.5	3.6	860	c
1954年 1月	No. 69.62 (エリモ沖)	450	♀	45.5	1,608	41.9	30.8	16.0	26.5	3.1	250	a
			〃	43.7	1,495	28.0	42.1	29.0	13.5	2.6	1,140	a
			〃	48.5	1,870	59.5	36.2	12.0	37.6	4.1	700	a
			〃	53.5	2,420	55.2	40.9	8.0	34.0	2.3	305	a
			〃	50.0	2,090	49.5	37.4	17.2	24.0	1.5	570	a
			〃	52.5	2,545	59.0	33.1	25.0	41.0	2.0	1,000	a
			〃	49.8	1,985	73.9	35.4	7.0	43.5	5.6	730	a
			♀	47.0	1,630	35.8	32.6	20.4	35.0	2.4	1,200	a

漁獲時期	漁場	深度 m	性	體長 cm	體重 g	肝臓 重量 g	肝臓 含油率 %	肝臓 Vitamin A C. L. O. U.	内臓 重量 g	内臓 含油率 %	内臓 Vitamin A C. L. O. U.	成熟度
1954年 1月	No. 62. 69	450	♀	40.7	1,110	26.0	23.9	13.0	27.2	1.7	250	a
			♂	40.5	950	14.5	10.5	160.0	25.0	1.4	860	
3月	No. 122（苫小牧沖）	480～500	♀	50.0	2,050	58.5	42.5	9.5	39.5	3.6	720	a
			〃	55.5	2,770	74.2	35.5	18.0	48.0	2.4	700	a
			〃	50.0	2,160	51.6	34.0	16.0	42.5	3.0	840	a
			〃	47.0	1,770	46.7	42.0	10.0	37,0	3.1	585	a
			〃	47.5	1,600	22.8	26.8	40.0	31.0	3.0	300	a
			♂	48.5	1,650	36.8	35.4	20.0	32.5	3.0	1,000	
			〃	44.4	1,220	21.1	41.4	16.0	22.0	2.1	700	
4月	No. 181	400	♀	55.5	2,600	63.5	32.0	16.0	34.5	6.1	425	b
			〃	51.5	1,050	58.5	41.3	8.0	17.2	3.9	940	b
			〃	57.5	3,300	55.5	54.0	6.0	30.0	2.3	460	b
			〃	57.0	1,900	70.5	42.4	18.0	54.0	8.5	435	b
			〃	43.0	2,300	54.5	50.0	12.0	24.0	4.9	330	b
			〃	59.5	2,802	75.6	52.6	16.0	42.0	3.0	500	b
			〃	45.0	1,300	75.4	55.5	5.5	34.0	3.3	615	b
			〃	53.0	3,440	149.0	39.5	14.0	48.0	6.1	320	b
			〃	51.0	2,880	82.5	41.0	24.0	36.0	4.1	1,060	b
			♂	42.0	1,152	14.3	34.0	16.0	14.8	2.5	365	
			〃	51.5	2,400	27.9	36.8	16.0	21.5	2.7	330	
6月	No. 60	400 m	♀	40.6	2,280	88.5	31.2	8.0	37.0	3.4	790	b
			〃	46.7	2,940	88.5	33.1	16.0	54.0	4.6	500	b
			〃	42.7	1,880	62.0	34.0	14.0	34.1	4.4	800	b
			〃	41.4	2,600	90.0	38.0	11.0	47.5	2.4	800	b
			♀	44.7	2,900	96.4	36.9	9.0	47.5	2.4	800	b
			〃	47.4	3,720	82.0	27.3	28.0	86.5	7.9	313	b
			〃	40.0	2,300	71.5	33.2	16.0	45.0	5.0	400	b
			〃	43.8	2,380	76.5	27.9	30.0	75.5	13.2	122	b
			〃	41.4	2,080	50.5	35.4	30.0	34.0	3.2	1,020	b
			〃	47.6	1,640	55.5	37.5	14.0	32.0	2.7	760	b
			♂	40.0	910	11.5	29.5	26.0	15.0	2.5	444	
			〃	46.0	1,585	18.5	44.8	26.0	24.5	2.8	1,040	
			〃	35.4	684	8.5	21.7	13.6	11.1	2.5	640	
			〃	48.0	1,500	26.5	22.9	20.0	25.5	1.8	780	
			〃	41.6	980	16.5	27.8	26.0	17.0	2.9	220	
			〃	44.8	1,520	23.7	30.8	30.0	16.0	3.5	715	
	雌	最大		70.0	6.050	199.0	55.5	360.0	190.0	16.8	2,900	
		最小		18.8	80.0	0.6	14.0	1.1	18.0	1.5	84	
		平均		**49.7**	**2.331**	**65.8**	**35.0**	**26.9**	**79.8**	**5.1**	**1,150**	
	雄	最大		48.5	1,650	36.8	50.0	41.0	57.0	6.6	1,060	
		最小		23.0	250	1.8	7.4	0.7	14.5	1.4	120	
		平均		**39.6**	**904**	**17.1**	**29.6**	**20.2**	**25.1**	**3.3**	**391.4**	

備考：成熟度　a……未熟，卵粒不透明で小さいもの
b……半熟，卵巣中に透明卵を認めないが，卵粒の大きなもの
c……成熟，卵巣中に透明卵を認めるもの
（東北水研海洋資源年報昭和26年度底漁資源篇による）

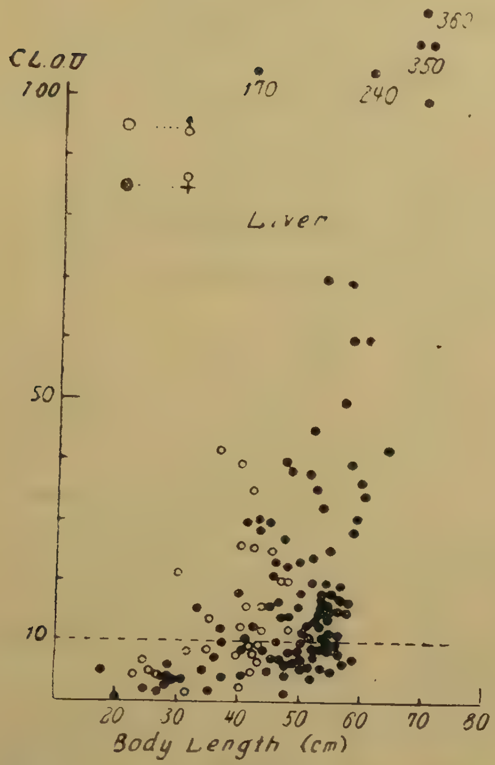


Fig. 1. 體長と肝油のビタミンA濃度との關係

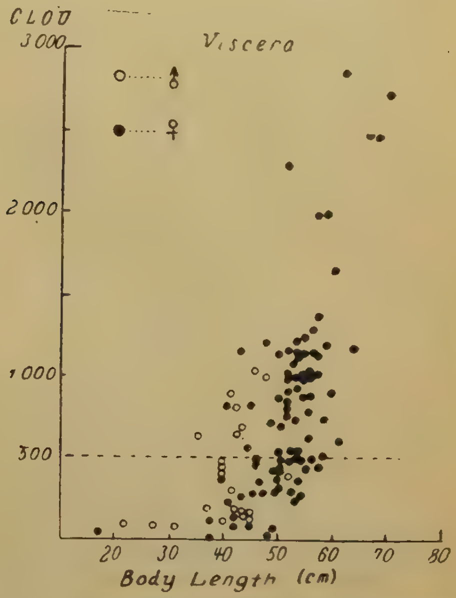


Fig. 2. 體長と內臟油のビタミンA濃度との關係

Table 3. 10 C.L.O.U. 以上の肝油の出現率と體長・性別並に月別との關係

體長 \ 月		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計	出現率
cm 0~20	♂	—	—	—	—	*0/2*	—	—	—	—	—	—	—	0/2	0.00
	♀	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20~30	♂	—	—	—	—	—	—	—	*0/1*	—	—	*0/4*	*0/1*	0/6	0.00
	♀	*0/1*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	*0/5*	—	0/6	0.00
30~40	♂	—	**1/1**	—	—	**1/1**	—	*0/1*	—	*0/1*	—	—	**1/1**	3/5	0.60
	♀	*0/1*	—	*0/1*	—	—	**1/1**	**1/1**	**1/1**	—	—	*0/1*	*1/3*	4/9	0.44
40~50	♂	**1/1**	—	**2/2**	*0/1*	—	**5/5**	—	—	*1/3*	—	—	*1/5*	10/17	0.59
	♀	**5/8**	**1/1**	**2/2**	**1/2**	*0/2*	**8/10**	*0/2*	—	*0/2*	—	—	*2/6*	19/35	0.54
50~55	♂	—	—	—	**1/1**	—	—	—	—	—	—	—	—	1/1	1.00
	♀	**3/4**	—	**2/3**	**3/4**	**8/8**	—	*0/1*	—	**3/4**	*0/1*	—	**20/24**	28/49	0.57
55~60	♂	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	♀	—	—	**1/1**	**2/3**	**1/1**	—	*0/1*	*0/1*	—	—	**1/1**	**13/15**	18/23	0.78
60~	♂	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	♀	—	**1/1**	—	—	**2/2**	—	—	—	—	**1/1**	—	**6/6**	10/10	1.00
計		9/15	3/3	7/9	7/11	11/16	14/16	1/6	1/3	4/10	1/2	1/11	44/61		

Table 4.　500 C.L.O.U. 以上の內臟油の出現率と體長・性別並に月別との關係

體長＼月		1	3	4	5	6	12	計	出現率
20～30 cm	♂	—	—	—	—	—	*0/1*	0/1	0.00
	♀	—	—	—	—	—	—	—	—
30～40	♂	—	—	—	*0/1*	**1/1**	*0/1*	1/3	0.33
	♀	—	—	—	—	—	*0/2*	0/2	0.00
40～50	♂	**1/1**	**2/2**	*0/1*	—	**3/5**	*0/5*	6/14	0.43
	♀	**4/6**	**2/1**	**1/2**	*0/2*	**7/10**	*2/6*	15/28	0.54
50～55	♂	—	—	*0/1*	—	—	—	0/1	0.00
	♀	**2/3**	**2/2**	**2/4**	**4/6**	—	**19/24**	29/39	0.74
55～60	♂	—	—	—	—	—	—	—	—
	♀	—	**1/1**	*0/3*	*0/7*	—	**15/15**	16/20	0.80
60～	♂	—	—	—	—	—	—	—	—
	♀	—	—	—	**2/2**	—	**6/6**	8/8	1.00
計		7/10	6/7	3/11	6/18	11/16	42/60		

(註)**ゴシック**…10 C.L.O.U 以上が調査尾數の半數以上を占めるから、その群はビタミン A 濃度は增加の狀態にあると判定する
イタリック…10 C.L.O.U 以上が皆無、または調査尾數の半數以下、その群はビタミン A 濃度は減少の狀態にあると判定する
（內臟油 の場合は 500 C.L.O.U 以上の比率）

2） 內臟油は40 cm 以下は雌雄共に低いが 40 cm 以上は雄に二三低い例はあるが概して高い（2•7•8•9•10•11 月のデータ欠)。

つぎに Tab. 3 及び 4 の各月の出現率の變動を體長別・性別に示したのが Fig. 3 及び Fig. 4 である。

圖から判るように、肝・內臟油ともに體長の增加とともに出現率は增大し 50 cm を越えると 1 に近ずくが、肝臟油の場合に35～50cm の範圍に出現率の增加が一時停頓する部分があるのが認められる。これは恐らくこの體長範圍は雌雄共に生殖腺の狀態より見て成魚に達する時代であり、生理的にビタミンAの消費の激しいことを物語るものではあるまいか。

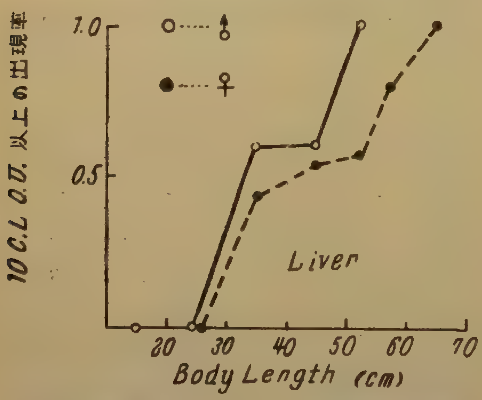


Fig. 3.　體長と 10 C.L.O.U 以上の肝油の出現率との關係

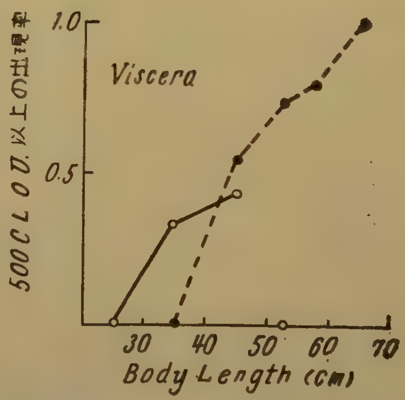


Fig. 4.　體長と 500 C.L.O.U 以上の內臟油の出現率との關係

さらにこのことを明らかにするために、40 cm 以上での出現率を計算してみると、Table 5 及び 6 の如くで、これを圖示すると Fig. 5 及 6 のようである。

これらの表及び圖から、雄は全般的に試料が少いので確かなことはわからならが、雌は肝・內臟油共に 1 月と 4 月とに出現率の低下が見られる。1 月の低下は卵巢の狀態が放卵後または 放卵

Table 5. 10 C.L.O.U 以上の肝油の出現率の月別變化 (40 cm 以上)

月	♂	♀
1	1/1 = 1.00	8/12 = 0.67
2		2/2 = 1.00
3	2/2 = 1.00	5/6 = 0.83
4	1/2 = 0.50	6/9 = 0.67
5		10/13 = 0.77
6	5/5 = 1.00	8/10 = 0.80
7		0/4 = 0.00
8		0/1 = 0.00
9	1/3 = 0.33	3/6 = 0.50
10		1/2 = 0.50
11		1/1 = 1.00
12	1/5 = 0.20	41/51 = 0.80
計	11/18 = 0.61	85/117 = 0.73

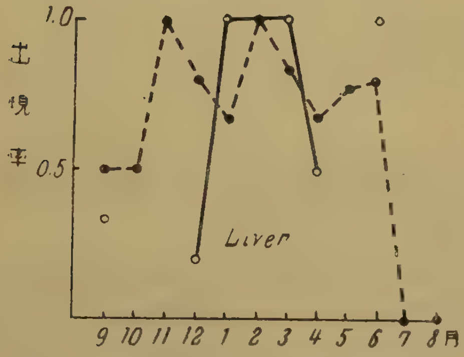


Fig. 5. 10 C.L.O.U 以上の肝油の出現率の月別變化 (40 cm 以上)

Table 6. 500 C.L.O.U 以上の內臟油の出現率の月別變化 (40 cm 以上)

月	♂	♀
1	1/1 = 1.00	6/9 = 0.67
3	2/2 = 1.00	4/5 = 0.80
4	0/2 = 0.00	3/9 = 0.33
5		6/17 = 0.35
6	3/5 = 0.60	7/10 = 0.70
12	0/5 = 0.00	42/51 = 0.82
計	6/15 = 0.40	68/101 = 0.55

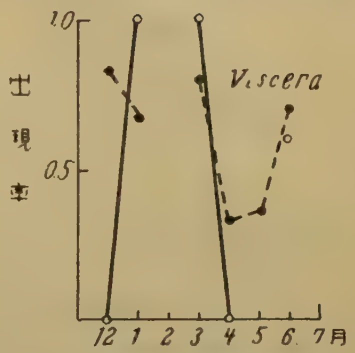


Fig. 6. 500 C.L.O.U 以上の內臟油の出現率の月別變化 (40 cm 以上)

中と判斷されることから產卵の影響であることは確しからしいが、その他の時期の變動については明らかでない。

上に述べたようにアブラガレイの體長とビタミンA含量との間には可なり密接な關係があることが判つたが、さらに之れについて數量的取り扱いを試みる。

まず體長とビタミンA濃度の對數との關係を求めると、Fig. 7 の如くで、肝臟油・內臟油共に危險率1％で相關がみられる ($r_l=0.651$, $r_v=0.744$*)。なほこの關係を同一漁場、同一時期に得られた試料に分けて解析してみると Fig. 8 に示すようである。

Fig. 8 に示したのは、1952年12月、53年5月、53年12月に得られたもので、體長とビタミンA濃度の對數との間には直線的な關係があり、その回歸直線の式を圖の下に記した。

またビタミンA總量（臟器重量×含油率×A濃度）の對數と體長との間にもビタミンA濃度と體長と同樣の關係が認められる (Fig. 8)。

* スネデカー統計的方法　上卷、146 頁の表 7.3 によつて檢定した。

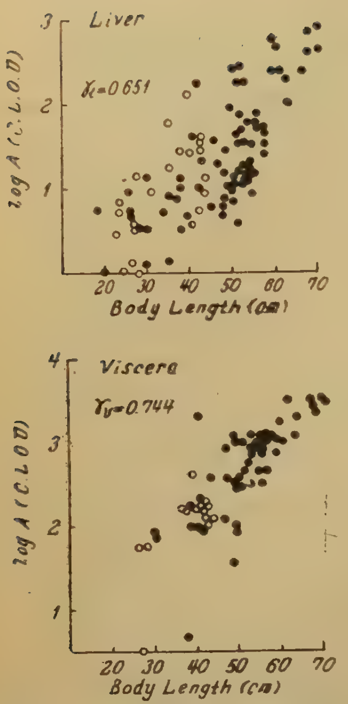


Fig. 7. **體長と肝油及內臟油のビタミンA濃度**（C. L. O. U）**の對數との關係**

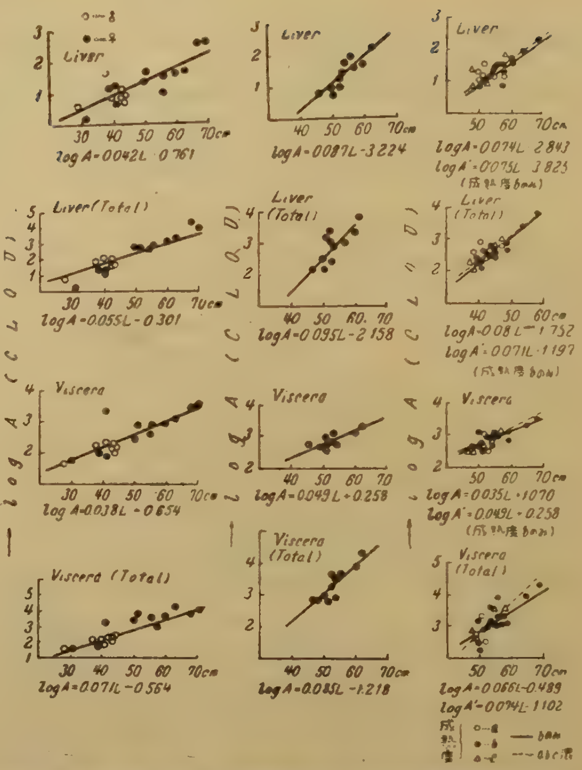


Fig. 8. **同一時期・同一漁場の試料についての體長とビタミンA濃度との關係**（橫軸…體長，縱軸…ビタミンA濃度（C. L. O. U）の對數）

28年12月のものについて、成熟度の異なるものを區別して記點したが、多數を占める成熟度 b のみと、他の成熟度の混合したものに分けて夫々回歸直線を求めたが、成熟度による差は明らかでなかつた。

以上の例で見たように體長とビタミンA濃度または總量間には次の如き關係が成立するので

$$\log A = kL + b \quad\ldots\ldots(1)$$

（但し　A：Vitamin A 濃度または總量　L：體長　k, b：constant）

すなわち次式を得る

$$A = be^{kL} \quad\ldots\ldots(2)$$

Table 7. k **の　値**

	肝臓		內臟		肝臓＋內臟	
	濃度	總量	濃度	總量	濃度	總量
1952年12月	2.538	2.607	2.516	2.711	2.521	2.745
53年 5月	2.860	2.869	2.576	2.803	2.712	2.820
53年12月　イ)	2.731	2.768	2.493	2.680	2.720	2.695
〃　ロ)	2.734	2.715	2.575	2.730	2.690	2.722

イ）成熟度 b のみ　　ロ）成熟度 a. b. c

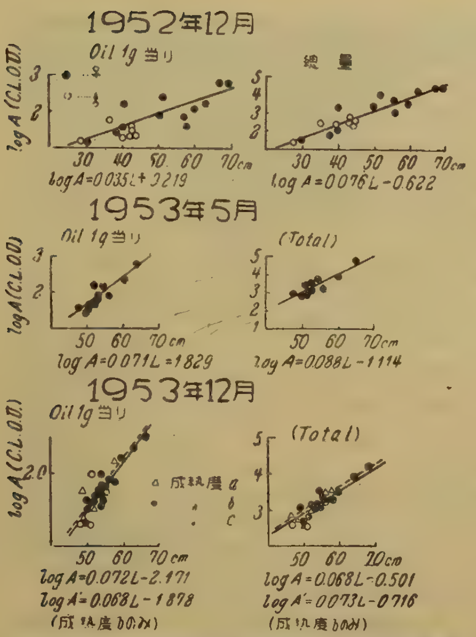


Fig. 9. 肝・内臓を一緒に採油した場合の體長とビタミンA濃度との關係
（横軸…體長，縦軸…ビタミンA濃度（C. L. O. U）の對數）

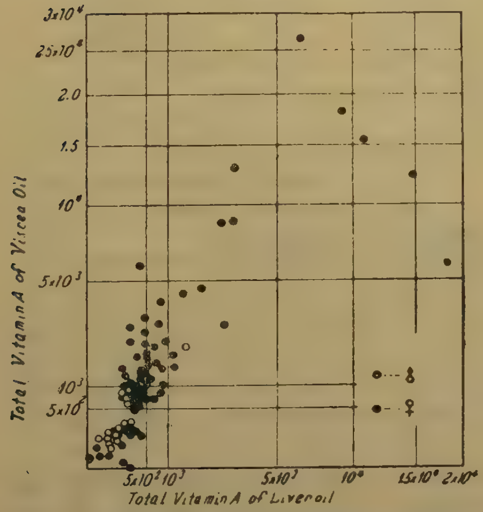


Fig. 10. 肝臓油の總A量と内臓油の總A量との關係

以上の諸例について k の値を計算するとTable 7 の如くで、何れも 2.5〜2.9 の範圍にあるが、濃度、總量間では全般的に總量の方が k の値は若干大きいように思われる。

つぎに肝臓油・内臓油共に $A=be^{kL}$ で表わし得るとすると、兩者を一緒にして採油した場合も同様の結果を得ることが期待されるが、實際にもその通りである（圖 9 及び Table 7)。

2. 肝臓と内臓（幽門垂＋腸）のビタミンA

Table 2 を通覽すると、肝臓の體重に對する割合は平均 2.7％(♀2.8, ♂1.9)、含油率は 33.5％(♀35.0, ♂29.6)、内臓（肝臓及び胃除き）の割合は 3.2％（♀3.4, ♂2.8)、含油率は 4.0％(♀5.1, ♂3.3) 程度であることが判る。また内臓は肝臓に比してビタミンA濃度では最高 80 倍、平均 30 倍、總量(臓器重量×含油率×A濃度)で最高 15 倍平均 3 倍位多いことが判るが、兩者の關係を圖示すると Fig. 10 のようである。

すなわち兩者の總量間には可なりの相關があるらしく見える。

同一漁場、同一時期に得られた試料で、比較的試料數の多いものについてビタミンA濃度とビタミンA總量の肝臓油と内臓油の比（平均値、信頼限界）を Table 8 に示した。

これで見るとビタミンA濃度比の平均値は時期・漁場・深度によつて差があるとは云えない。またビタミンA總量比も平均値間では差があるとは云えない。

つぎに體長とビタミンA總量比の關係をFig.11に示したが、兩者の間に關係があるとは云えないようである。

上に見たようにアブラガレイの肝臓と内臓に於けるビタミンAの蓄積は互に關連して起り、その總量に就て肝臓：内臓＝1：3 位の割合になつているが、この理由は今後に殘された問題である。

3. 漁場・深度を異にするものについての二三の考察

漁場、深度の判明し、試料数の比較的揃つたものについて體長、肝臓内臓の體重比、含油率、ビタミンAの平均値並に信頼限界（危險率5％）Table 9 に示す。體長 60 cm 以上のものは飛躍的に高い單位を示し、また時期的に偏在して得られているので除いてある。漁場位置は Fig. 12 に示す様であつた。

Table 9 より概括的に見ると、肝臓重量の體重比は 53 年 5 月（No. 61）が大きく漁場時期は異なるが深度の略々等しい 53 年 9 月（No. 54）、53 年 12 月（No. 30. 33）の略々 2 倍近い平均値を示している。

含油率は深度 400～500 m のものは平均値に差があるとは云えないが、54 年 4 月（No. 181）の標本平均値は稍々大きな値を示している。深度の異なるも

Table 8. 時期別・漁場別に求めたビタミンA濃度及びA總量の内臓油と肝油に於ける比

漁獲時期	試料數	漁場	深度	比（内臓/肝臓） 濃度	總量
			m		
1953年5月 ♀	11	No. 61	700	36.5±14.3	2.34±1.05
〃 9月 ♂*	6	No. 54	750～840	40.2±30.0	1.17±0.95
〃 9月 ♂*	4	No. 54	〃 〃	15 8	1.32
〃 12月 ♀	30	No. 176	250	52 5± 4.3	3.13±0.49
〃 12月 ♀	11	No. 30.33	800～900	81.7±46.8	3.54±1.42
1954年1月 ♀		No. 69.62	450	42.9±20.7	2.83±2.21
〃 3月 ♀	5	No. 122	480～500	47.0±31.6	2.92±1.68
〃 4月 ♀	9	No. 181	400	50.4±22.2	3.84±0.78
〃 6月 ♀	10	No. 60	400	44.7±22.6	2.91±0.70
〃 6月 ♂	6	No. 60	〃	29.3±15.7	3.01±2.41

* 比は肝臓と幽門垂のみ

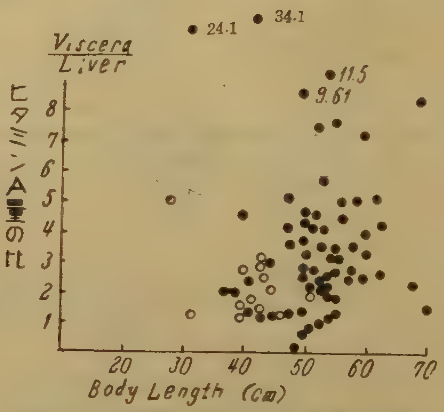


Fig. 11. 體長とビタミンA總量の内臓油・肝油比との關係

Table 9. 漁場・深度による肝・内臓油のビタミンA濃度の比較

漁獲時期	試料數	漁場	深度	體長	肝臓 體重比	肝臓 含油率	肝臓 VitaminA	内臓 體重比	内臓 含油率	内臓 Vitamin A
			m	cm	%	%	C.L.O.U	%	%	C.L.O.U
1953年5月♀	10	No. 61	700	52.2±2.5	5.35±0.94	29.7±4.5	26.7±16.1	4.23±0.40	2.91±0.51	717±308
〃 9月♀*	6	No. 54	750～840	51.7±3.3	3.23±0.44	29.8±7.3	9.4± 3.6	0.62±0.13	4 03±0.18	321±147
〃 9月♂*	4	〃	〃 〃	41.5	2.40	19.7	27.6	1.01	4.90	145
〃 12月♀	28	No. 176	**250**	53.6±1.1	3.11±0.22	31.9±2.5	**17 5± 2 0**	1.63±0.12	3.26±0.34	**835±153**
〃 12月♀	11	No. 30.33	**800～900**	54.3±2.6	2.76±0.42	30.5±4.8	**24 5± 4 7**	1.35±0.16	3.18±2.46	**1 087±223**
1954年1月♀	9	No. 69.62	450	47.9±3.0	2.54±0.43	35.8±2.9	16 4± 6.1	1.74±0.41	2.08±1.00	682±278
〃 3月♀	5	No. 122	480～500	50 0±4.2	2.40±0.73	36.2±8.0	18.7±15.5	1.93±0.16	3.01±0.53	629±253
〃 4月♀	9	No. 181	400	52.0±4.2	3.52±0 36	46.5±7.7	13.3± 3.7	1.61±0 52	4 69±1.50	565±220
〃 6月♀	10	No. 60	400	45.1±2.2	3.23±0.27	33 5±2.1	16 6± 5.4	1.98±0.33	3.19±2.40	630±222
〃 6月♂	6	〃	〃	42.6±4 6	1.53±8.71	29.6±8 7	23.6± 6.1	1.55±0.26	2.67±0.60	568±326

體長 60 cm 以上は除く　　* 内臓は幽門垂のみ　　± の數字は危險率5％の信頼限界

Fig. 12 漁場位置圖

のについても54年4月を除いたものは殆んど差が見受けられなかつた。

ビタミンA濃度は53年5月（No. 61）及び53年12月（No. 30, 33）が高く、相當する深度の53年9月（No. 54）は低い。以上の3つを除いたものについては差があるとは云い難い。

內臟重量については、その體重比は肝臟同様53年5月（No. 61）が大きく、他はとくに差はない様である。含油率は53年9月（No. 54）の雌雄は幽門垂のみなので此を除くと差は認められなかつた。

ビタミンA濃度は肝臟重量同様53年12月（No. 30, 33）が高く53年9月（No. 54）の雌雄が低くなつているが他は大同小異である。

漁場番號 No. 30, 33 と No. 176 は殆んど同時期（53年12月）に得られ、體長及び肝內臟の體重比含油率は殆んど差がなく、深度のみを異にしているので、ビタミンA濃度が深度によつて違うかどうかを見る好例であるが、これによつて見ると明らかに、深度の深い方（800～900m）が淺い方（250m）よりも、肝內臟共にビタミンA濃度が高い平均値を示している。併しこれとても漁場が異なるので果して深度のみの影響とは云い切れない。但しTable 9を通観してこの程度の漁場差を無視して考えれば、概して深度の深い方がビタミンA濃度が高くなる傾向を有することは云えよう。

Table 10. アブラガレイの漁場によるビタミンA濃度の比較

漁　　場		體長平均	肝　油	幽門垂油	腸　油
		cm	C.L.O.U	C.L.O.U	C.L.O.U
大　和　堆	(♀♂)	48.98	17.87	127	—
羅　臼　産	♀	48.5±3.3	4.83	281.9	—
「トツカリムイ」	♂	44.5±0.7	4.54	175.9	—
羅　臼　産	♀	49.5±2.1	4.76	183.5	233.3
「コブカリコタン」	♂	44.4±0.5	4.09	141.5	144.7
釧　路　産	♀	55.8	34.8	589.2	—
	♂	42.8	38.6	396.2	—

田元[5]宇野等[6]は夫々大和堆（日本海）羅臼（根室海峽）釧路（太平洋岸）產のアブラガレイのビタミンAについて夏季（7月～8月）に漁獲されたもののデータを報告している（Table 10）ので、われわれの試料よりこれに相當する時期について比較すると、53年9月、54年6月と年次または時期に若干のズレはあるが、釧路地方產が他の二者大和堆、羅臼地方產に比してビタミンA濃度は高い様である。

以上述べたようにアブラガレイのビタミンA含量は棲息深度の深いもの程、また漁場について

は北海道釧路沖が、根室海峡、日本海産のものに比して高い傾向を有していたが、これらの意義については、今後更らに資料を集積することによつて明らかにしたい考えである。

IV. 摘　　要

1. 東北海區北部及び北海道太平洋岸産のアブラガレイのビタミンA含量について研究した（Table 2）。

2. 體長とビタミンA濃度との關係を肝臓油と內臓油（幽門垂＋腸）について調査した結果、肝臓油・內臓油共雄は體長 40 cm、雌は 50～60 cm 附近でビタミンAの急增が見られ．本報告に取扱つた試料については 60 cm 以上は例外なく高單位一內臓油の場合 100 萬國際單位に達するものも稀でない一である（Fig. 1, 2）。

3. 肝臓油については 10 C. L. O. U 以上、內臓油については 500 C. L. O. U 以上の出現率を性別・體長別に求め、またそれぞれの出現率の月別變化を調べた（Table 3, 4 Fig. 3, 4）。それによると

 i） ♀♂ともに體長が增すにつれて濃厚臓器の出現率は增す傾向である。

 ii） 出現率の月別變動は 12 月～1 月にかけて低下を示し、産卵の影響を暗示する。

4. その他概括的に次のことが云われる。

 i） 肝臓油は♀♂共に 30 cm 以下は春夏秋冬を通じて低く 30～40 cm では高低相半ばし、40 cm 以上は秋・冬・春に高く夏は低い傾向である。

 ii） 內臓油は 40 cm 以下は♀♂共に低いが、40 cm 以上は 1・3 月に高く、4・5 月に稍々低く、6・12 月に高かつた（2・7・8・9・10・11 月は欠）。

5. 體長とビタミンA濃度または總量の對數との間には肝・內臓油共 1％の危險率で正の相關が認められる（Fig. 7）。今體長を L, ビタミンA濃度または總量を A とすると次式の關係があり、　$A = be^{kL}$……但し b, k は恒數，e は自然對數の底

 この k の値は 2.5～2.8 の範圍にある（Table 8）。

6. 肝臓および內臓油のビタミンA含有割合は、A濃度では平均 30 倍、A 總量では平均 3 倍位內臓油が高く、含油率は肝臓が 30～40％であるに反して內臓は 2～5％であつた。

7. ビタミンA量の內臓・肝臓比については、

 i） ビタミンA濃度比の平均値は時期、漁場、深度によつて差が認められない（Table 8）。

 ii） ビタミンA總量比も平均値間では差が認められない（Table 8）。

 iii） 肝臓油と內臓油のビタミンA總量は互に關連して增加する傾向にある。すなわち肝臓のA量が 1 增加すると內臓のA量は略〻 3 の割合で增加する（Fig. 10）。

 iv） ビタミンA總量比と體長との間には關係があるとはいいえない（Fig. 11）。

8. 漁場および深度との關係については略々同體長のものについて、季節、漁場を考慮に入れ

て大體において深い場所に棲息するもの程、肝・内臓共にビタミンA含量が多い傾向が見られた（Table 9. Fig. 12）。

9. 太平洋岸産（釧路）のものは根室海峡産（羅臼）、日本海産（大和堆）に比してビタミンA濃度が高いようである（Table 10）。

後　書　本稿を終るに當り、試料の採集に御援助を與えられた八戸支所橋本技官外所員各位、ベックマン分光光度計によるA濃度の検定をして頂いた農林省輸出品検査所の蛯子・今井兩技官、本文の御校閲を賜つた木村所長並に御助言を賜つた東秀雄博士・土屋靖彦博士に深謝の意を表す。

参　考　文　献

1） 東北海區水產研究所海洋資源年報　昭和26年度　第4底魚資源篇

2） 石田・地片・石垣（1950）：北海道產カレイ類の年齢に關する研究　第1報　アブラガレイ　北海道水產試驗場研究報告 **7**

3） 甲　　二郎（1952）：東北海區產アブガレイに就いて　第1報　年齢査定の基礎的研究　東北水研報告 **1**, 25～34.

4） 山村彌六郎（1953）：サメの年令とビタミンAの群蓄積率　日・水・學・誌 **19**（田内博士還暦記念論文集），530.

5） 田元　　馨（1951）：大和堆產魚類の肝油に關する試驗（第1報）　北水試月報 **8**（8）.

6） 宇野・中村（1952）：羅臼地方產魚類のビタミンAに就て　北水試月報 **9**（11）.

既刊　東北海區水産研究所　研究報告

第 1 號

業績番號			頁
第10號	東北海區に來游するカツオのポピユンーシヨンに就いて	川崎　健	1
第11號	音響測深儀に記録されたカツオ・マグロ群の像	木村喜之助 岩下光男 服部稔郎	15
第12號	東北海區に於ける底魚の消化系と食性に就いて　第1報　キチヂ	三河正男	20
第13號	東北海區アブラガレイ *Atheresthes evermanni* JORDAN & STARKS に就いて　第1報　年令査定の基礎的研究	甲　二郎	25
第14號	底曳網の模型試驗（第1報）	猿田達雄 渡邊光男 安井達夫 三河正男	35
第15號	東北海區サメガレ *Clidoderma asperrmum*(TEMMINCK & SCHLEEGL) に就いて　第1報　年令査定の基礎的研究	甲　二郎	43
第16號	魚類の標識放流方法に關する一資料	猿田達雄 笠原康平	50
第17號	ブリ産卵場・産卵期に關するブリ卵巣の調査	木村喜之助	54
第18號	垂下養殖カキの附着生物に關する研究　第1報　ムラサキイガイ (*Mytılus edulis* LINNÈ) の驅除について	佐藤省吾 武田忠郎	63
第19號	松島灣附近のシジミに關する研究	谷田專治 平野和夫	68
第20號	アブラザメ (*Squalus suckleyi* G.) の肝臟色彩とビタミンA濃度の關係	山村彌六郎	83
寄　稿	海況の變化に關する漁業生物學的研究	畑中正吉	88

第 2 號

第22號	東北海區金華山沖に於けるカツオ主漁場の成立に就いて	北野清光	1
第23號	カツオに寄生する鉤頭虫類の1種 (*Rhadinorhynchus katsuwonis* HARADA) の寄生率について（豫報）	堀田秀之 小川　達	11
第24號	薩南海區のカツオの幼魚の分布について	堀田秀之	19
第25號	釣上直後のカツオの体温に就いて（特に血合筋の異常高温に關して）	福島信一	22
第26號	東北海區に於ける底魚類の消化系と食性に就いて（第2報） サメガレイ・ババガレイ	三河正男	26
第27號	ババガレイの年令査定及び成長	笠原康平	37
第28號	ナメタガレイ *Glyptocephalus stelleri* の年令に關する基礎的研究	橋本良平	49
第29號	垂下養殖カキの附着生物に關する研究　第2報　季節的變化	谷田專治 佐藤省吾	56
第30號	アマノリ類の生活史の研究　第1報　果胞子の發芽と生長	黒木宗尙	67
第31號	アサクサノリの糸狀体の果胞子放出に就いて	黒木宗尙	104
第32號	內灣底土中の可溶性榮養塩について　第1報　底土に含まれる可溶性榮養塩についての一考察	奥田泰造	109
第33號	內灣底土中の可溶性榮養塩について　第2報　底土耕耘による榮養塩溶出の可能性について	奥田泰造	118
第34號	アブラザメ (*Squalus suckleyi* G.) の體長と肝油のビタミンA濃度との關係	山村彌六郎 武藤清一郎	126
第35號	寒天ジエリーの强度について　第4報	谷井　潔	134

第 3 號

業績番號

第37號　カツオ群の性狀　第1報　東北海區のカツオ群を"付きもの"別に見た場合の各群の分布・餌付狀態・群の大きさに就いて……………………木　村　喜之助

既刊研究業績　（東北海區水產研究所　研究報告　以外の分）

業績番號

第1號　漂流瓶による海流調査（第1報）駿河灣の海流（特に灣內の循環流に就いて）
……………………木村喜之助〔日本海洋學會誌，第5卷，第2～4號，p. 70～84 (1950)〕

第2號　東北海區カツオ魚體組成について
……………………山中一郎〔日本海洋學會誌，第5卷，第2～4號，p. 99～104(1950)〕

第3號　異方性海洋に於ける定常吹送循環流に就いての一問題　第1報　解析的解法（其の 1）
……………………齋藤泰一〔日本海洋學會誌，第5卷，第2～4號，p. 130～142(1950)〕

第4號　寒天ジェリーの強度について（其の 3）
……………………谷井　潔〔日本水產學會誌，第16卷，第4號，p. 115～118(1950)〕

號5第　アブラザメ燻製保存試驗　第1報　腐敗觀を呈する迄の日數と溫度との關係
……………………山村彌六郎〔日本水產學會誌，第16卷，第10號，p. 433～434(1951)〕

第6號　同　上　第2報　油脂の變化について
……………………山村彌六郎〔日本水產學會誌，第16卷，第11號，p. 510～512(1950)〕

第7號　同　上　第3報　アンモニアの生成について
……………………山村彌六郎〔日本水產學會誌，第16卷，第11號，p. 513～516(1951)〕

第8號　魚粉食用化に關する硏究…………東　秀雄，新田忠雄，長倉克男，梅本　滋
〔日本水產學會誌，第17卷，第6號，p. 147～156(1951)〕

第9號　アブラザメ肝臟のビタミンAに關する硏究　第4報　季節的變化について
……………………山村彌六郎〔日本水產學會誌，第17卷，第11號，p. 337～341(1952)〕

第21號　サバの洄游路（サバ標識放流試驗結果）
……………………木村喜之助〔日本水產學會誌，第19卷，第4號，p. 415～423(1953)〕

第36號　NH_3-H_2O 系による寒天質の抽出について……谷井　潔（東北水研），絹卷　烝（東北大學非水研）
〔東北大學非水溶液化學研究所報告，第3卷，第2號，p. 129～136(1953)〕

第38號　魚肉の坐りについて（V）坐りの判定及び比較の方法…………梅本　滋，岡田　稔，右田正男
〔日本水產學會誌，第20卷，第4號，p. 313～318(1954)〕

第39號　サンマ尾端の黃色々素について（豫報）
……………………長倉克男〔日本水產學會誌，第20卷，第4號，p. 286～291(1954)〕

第40號　NH_3-$C_3H_5(OH)_3$ 系に依る寒天質の抽出について…………谷井　潔，絹卷　烝
〔東北大學非水溶液化學研究所報告，第4卷，第2號，p. 133～142(1954)〕

既刊　出版物　（研究業績以外の重要出版物）

東北水研叢書

第1號　カツオに就いて (1952)，　第2號　カキの養殖 (1952)
第3號　海苔養殖に就いて (1952)，　第4號　サメの利用 (1952)
第5號　東北・北海道太平洋沿岸水域に於ける機船底曳網漁業の禁止區域と網目に就いて (1952)

東北海區水產研究所海洋資源年報

昭和24年度海洋調査篇，昭和26年度底魚資源篇，昭和26-27年度底魚資源篇

東北海區水產研究所
研究報告（第4號）

印刷發行　昭和30年3月22日
編輯　東北海區水產研究所
印刷者　相澤嘉造
東北印刷株式會社
仙臺市教樂院丁6

發行所　東北海區水產研究所
宮城縣塩釜市東塩釜　電話1260番

CONTENTS

Kawai, H. On the Polar Frontal Zone and its Fluctuation in the Waters to the Northeast of Japan. I 1

Kuroda, R. On the Water Temperature in the Fishing Grounds of the Skipjack, *Katsuwonus pelamis* (LINNAEUS), caught in the North-Eastern Sea Area along the Pacific Coast of Japan 47

Hotta, H. and Ogawa, T. On the Stomach Contents of the Skipjack, *Katsuwonus pelamis* ... 62

Kawasaki, T. On the Migration and the Growth of the Skipjack, *Katsuwonus pelamis* (LINNAEUS), in the South-Western Sea Area of Japan 83

Kawasaki, T. On the Migration and the Growth of the Skipjack, *Katsuwonus pelamis* (LINNAEUS), in the Izu and Bonin Sea Areas and the North-Eastern Sea Area along the Pacific Coast of Japan 101

Hotta, H. Seasonal Distribution and Growth of the "Frigate Mackerel" *Auxis tapeinosoma* BLEEKER along the Pacific Coast of Japan 120

Kinoe, J. Synecological Studies on the Catch by bottom Seine 127

Mikawa, M. Studies on the Digestive System and Feeding Habit of Bottom Fishes in the North-Eastern Sea Area along the Pacific Coast of Japan. III *Atheresthes evermanni* JORDAN et STARKS 136

Kasahara, K A Study on the Age of *Atheresthes evermanni* 147

Hashimoto, R. Studies on the Age of *Tanakius kitaharae* (JORDAN et STARKS) 156

Kasahara, K. Ecological Studies on *Clidoderma asperimum*. I. Seasonal Variation of Fatness and Weight of the Gonad 165

Yasui, T. and Ishito, Y. A Study on the Growth Rate and the Spawning Season of *Ommastrephes sloani pacificus* (STEENSTRUP) 173

Maruyama, K. and Kotani, K. Size Selection by the Meshes of the Bottom Trawl without Otter Boards for *Sabastolobus macrochir* GUNTHER 180

Okuda, T. and Sato, S. Fundamental Investigation on the Marine Resources of Matsushima Bay. I. On the Bottom Materials of Matsushima Bay 187

Yamamoto, G. Fundamental Investigation on the Marine Resources of Matsushima Bay. II. Benthonic Communities in Matsushima Bay 208

Okuda, T. On the Soluble Nutrients in Bay Deposits. III. Examinations on the Diffusion of Soluble Nutrinets to Sea Water from Mud 215

Sano, T. Studies on the Colour Change of Cultured Lavers. I. On the Change of Hydrochrome 243

Kurogi, M. and Hirano, K. Influences of Desiccation, Salinity of the Water and Illumination on the Conchocelis-Thallus of *Porphyra* 262

Kurogi, M. and Hirano, K. On the Liberation of Monospores from the Filamentous Thallus (Conchocelis-stage) of *Porphyra tenera* KJELLM. II. The Daily Periodicity of the Liberation 279

Umemoto, S. Studies on "Hoshi-nori" (dried Food, made from Laver, *Porphyra tenera* KJELLM). I. Some Discussions on the Dehydrating Process with Radiation of Infre-red Rays 283

Sano, T. The Chemical Constitutions of the River Waters along the Coast of Iwate Prefecture 294

Yamamura, Y. and Muto, S. Studies on the Vitamin A Contents of the Oil Sole (*Atheresthes evermanni* JORDAN et STARKS) I 299

TRANSLATION
REPRINT FILE